

Certificación energética de edificios

**GEES – Grupo de Estudios de Energía para la
Sostenibilidad.**

Càtedra Unesco de Sostenibilitat - UPC

Coordinadora: Ing. Ind Núria Garrido


Colaboradores: Ing. Ind. Juan Carlos Almecija

Ing. Ind. Cristina Folch

Ing. Ind. Irene Martínez

0 ÍNDICE

0	ÍNDICE	I
1	OBJETIVO.....	1
2	JUSTIFICACIÓN.....	1
3	ANTECEDENTES.....	2
3.1	NORMATIVA A NIVEL EUROPEO	2
3.1.1	<i>Experiencias en Europa.....</i>	3
3.2	NORMATIVA A NIVEL ESTATAL.....	4
3.3	EXPERIENCIAS EN ESPAÑA.....	9
3.3.1	<i>País Vasco.....</i>	9
3.3.2	<i>Sevilla.....</i>	9
3.3.3	<i>Barcelona.....</i>	9
4	ESTADO DEL ARTE.....	11
4.1	HERRAMIENTAS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS	11
4.1.1	<i>CALENER VYP</i>	11
4.1.2	<i>CEPEC.....</i>	12
4.2	PROCESO DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS.....	13
4.3	OPCIÓN SIMPLIFICADA PARA LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS.....	16
4.3.1	<i>Ámbito de aplicación</i>	16
4.3.2	<i>Soluciones técnicas</i>	16
5	METODOLOGÍA.....	18
5.1	DEFINICIÓN EDIFICIOS.....	18
5.2	DEFINICIÓN ESCENARIOS.....	21
6	RESULTADOS	24
6.1	ESCENARIOS CALENER VYP.....	24
6.1.1	<i>Edificio unifamiliar</i>	24
6.1.2	<i>Edificio 15 viviendas.....</i>	30
6.1.3	<i>Edificio 44 viviendas.....</i>	36
6.1.4	<i>Edificio 77 viviendas.....</i>	41
6.2	ESCENARIOS CEPEC.....	47
6.2.1	<i>Edificio unifamiliar</i>	47
6.2.2	<i>Edificio 15 viviendas.....</i>	51
6.2.3	<i>Edificio 44 viviendas.....</i>	54
6.2.4	<i>Edificio 77 viviendas.....</i>	57
6.3	VARIACIONES SOBRE ESCENARIOS 1 Y 5 DEL EDIFICIO DE 44 VIVIENDAS	61
6.3.1	<i>Caldera mixta para calefacción y apoyo a ACS alimentada con biomasa.....</i>	61
6.3.2	<i>Variación de las transmitancias térmicas de los cerramientos.....</i>	62
6.3.3	<i>Variación del porcentaje de superficie refrigerada.....</i>	63
6.3.4	<i>Mejora del COP de la bomba de calor en el escenario 5.....</i>	66
6.4	ANÁLISIS ECONÓMICO	67
6.4.1	<i>Coste de consumo.....</i>	67
6.4.2	<i>Costes de instalación</i>	69
6.4.3	<i>Tiempo de retorno de la inversión respecto el escenario 5.....</i>	73
6.4.4	<i>Sobrecoste del ahorro de un kg de CO₂ teniendo en cuenta los costes de la instalación.....</i>	75
6.4.5	<i>Sobrecoste del ahorro de un kg de CO₂ teniendo en cuenta los costes de consumo y los de la</i>	

	<i>instalación</i>	76
7	CONCLUSIONES	78
7.1	ESCENARIOS CALENER VYP	78
7.2	ESCENARIOS CEPEC.....	85
7.3	VARIACIONES EN LOS ESCENARIOS CALENER VYP.....	89
7.4	ANÁLISIS ECONÓMICO	90
7.5	CONCLUSIONES DIRIGIDAS A LOS USUARIOS, CONSTRUCTORES Y ADMINISTRACIÓN.....	93
	7.5.1 Usuarios	93
	7.5.2 Constructores.....	94
	7.5.3 Administración.....	94
8	REFERENCIAS	97
9	ANEXOS	98
	I. Escala de calificación energética para edificios residenciales	98
	I.1. Elementos de la certificación	98
I.1.1	INDICADORES ENERGÉTICOS.....	98
I.1.2	GRADO DE SIMILITUD	99
I.1.3	DIRECTRICES PARA ELABORAR LA ESCALA DE CALIFICACIÓN	99
I.2.	ESCALA DE CALIFICACIÓN PARA EDIFICIOS DESTINADOS A VIVIENDA	100
I.2.1	DETERMINACIÓN DEL ESCENARIO DE COMPARACIÓN.....	100
I.3.	OBTENCIÓN DE LOS LÍMITES DE LA ESCALA	103
I.3.1	SITUACIÓN EN LA ESCALA DEL INDICADOR I.1.1 	103
I.3.2	ANCHOS DE LAS CLASES	103
I.4.	NORMALIZACIÓN DE LOS ESCENARIOS (INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA E ÍNDICES DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA) Y DE LOS LÍMITES DE LA ESCALA.....	105
I.5.	ASIGNACIÓN DE CLASES MEDIANTE LOS ÍNDICES DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	107
I.6.	POSIBLE EXTENSIÓN A EDIFICIOS EXISTENTES	108
	II. Composición de cerramientos.....	111
	III. Sistemas de calefacción, refrigeración y ACS	113
	III.1. Sistemas mixto de calefacción y ACS centralizado. Gas natural.....	113
	III.2. Sistemas de refrigeración.....	113
	III.3. Sistema de ACS individual. Efecto Joule	114
	III.4. Sistemas de calefacción individual.....	114
	III.5. Sistemas de calefacción y refrigeración eléctricos. Bomba de calor	114

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3-1	ESCALA DE CERTIFICACIÓN PARA EDIFICIOS RESIDENCIALES.....	7
TABLA 3-2	ESCALA DE CERTIFICACIÓN PARA EDIFICIOS NO RESIDENCIALES.....	8
TABLA 4-1	OPCIONES DE OBTENCIÓN DE CLASE D PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LAS ZONAS A3, A4, B4, C3 Y C4	17
TABLA 5-1	TIPOLOGÍAS DE EDIFICIOS	18
TABLA 5-2	ZONAS CLIMÁTICAS	18
TABLA5-3	VALORES DE U ($W/m^2 K$) DE LOS CERRAMIENTOS CARACTERÍSTICOS DE LA ENVOLVENTE DE LOS ESPACIOS HABITADOS. ...	20
TABLA5-4	VALORES DE U ($W/m^2 K$) DE LOS CERRAMIENTOS CARACTERÍSTICOS DE LA ENVOLVENTE DE LOS ESPACIOS HABITADOS SEGÚN EL DECRET 21/2006 DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA	20
TABLA 5-5	ESCENARIOS CALENER VYP	21
TABLA 5-6	ESCENARIOS CEPEC.....	21
TABLA 5-7	PORCENTAJE DE APORTACIÓN SOLAR AL SISTEMA DE ACS EN FUNCIÓN DE LA ENERGÍA DE APOYO, LA ZONA CLIMÁTICA Y LA DEMANDA DE ACS.	21
TABLA 5-8	PORCENTAJE DE APORTACIÓN SOLAR AL SISTEMA DE ACS EN FUNCIÓN DE LA ENERGÍA DE APOYO Y LA DEMANDA DE ACS SEGÚN EL DECRET 21/2006 DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA PARA C2 (BARCELONA).	22
TABLA 5-9	VARIACIONES SOBRE LOS ESCENARIOS 1 Y 5 DE CALENER VYP.	23
TABLA 6-1	ESCENARIOS SEGÚN METODOLOGÍA CALENER VYP	24
TABLA 6-2	RESULTADOS CALENER VYP. EDIFICIO UNIFAMILIAR. CONSUMO FINAL, EMISIONES GLOBALES Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.	24

TABLA 6-3 RESULTADOS CALENER VYP. EDIFICIO 15 VIVIENDAS CONSUMO FINAL, EMISIONES GLOBALES Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.	30
TABLA 6-4 RESULTADOS CALENER VYP. EDIFICIO 44 VIVIENDAS CONSUMO FINAL, EMISIONES GLOBALES Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.	36
TABLA 6-5 RESULTADOS CALENER VYP. EDIFICIO 77 VIVIENDAS CONSUMO FINAL, EMISIONES GLOBALES Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.	41
TABLA 6-6 ESCENARIOS CEPEC.....	47
TABLA 6-7 RESULTADOS CONSUMO FINAL Y EMISIONES. EDIFICIO UNIFAMILIAR.....	47
TABLA 6-8 RESULTADOS CONSUMO FINAL Y EMISIONES. EDIFICIO 15 VIVIENDAS	51
TABLA 6-9 RESULTADOS CONSUMO FINAL Y EMISIONES. EDIFICIO 44 VIVIENDAS	54
TABLA 6-10 RESULTADOS CONSUMO FINAL Y EMISIONES. EDIFICIO 70 VIVIENDAS	57
TABLA 6-11 VARIACIONES SOBRE LOS ESCENARIOS 1 Y 5 DE CALENER VYP.	61
TABLA 6-12 EDIFICIO 44 VIVIENDAS. CALDERA DE BIOMASA. CONSUMO FINAL, EMISIONES GLOBALES Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA..	61
TABLA 6-13 VALORES DE U (W/M² K) DE LOS CERRAMIENTOS ESPACIOS HABITADOS.....	62
TABLA 6-14 EDIFICIO 44 VIVIENDAS CONSUMO FINAL, EMISIONES GLOBALES Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.	62
TABLA 6-15 EDIFICIO 44 VIVIENDAS. EMISIONES GLOBALES Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERFICIE CLIMATIZADA.....	64
TABLA 6-16 EDIFICIO 44 VIVIENDAS. EMISIONES GLOBALES Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERFICIE CLIMATIZADA. REDUCCIÓN DE LA SUPERFICIE CLIMATIZADA.....	65
TABLA 6-17 EDIFICIO 44 VIVIENDAS. EMISIONES GLOBALES Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERFICIE CLIMATIZADA. REDUCCIÓN DE LA POTENCIA DE LOS EQUIPOS.....	65
TABLA 6-18 EDIFICIO 44 VIVIENDAS. EMISIONES GLOBALES Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE COP DE LA BOMBA DE CALOR PARA EL ESCENARIO 5.	66
TABLA 6-19 PORCENTAJE DE AHORRO OBTENIDO COMPARANDO LOS COSTES DE CONSUMO DEL ESCENARIO 1 CON LOS DEL ESCENARIO 5	69
TABLA 7-1 INTERVALO DE CONSUMO DE ENERGÍA (kWh/M ² /AÑO) PARA CADA ZONA CLIMÁTICA Y TIPOLOGÍA DE EDIFICIO	80
TABLA 7-2 INTERVALO DE EMISIONES DE CO ₂ (kg CO ₂ /M ² /AÑO) PARA CADA ZONA CLIMÁTICA Y TIPOLOGÍA DE EDIFICIO	81
TABLA 7-3 ESCENARIOS CALENER VYP	82
TABLA 7-4 RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES.	82
TABLA 7-5 INTERVALOS DE LOS PORCENTAJES DE CONSUMO PARA EDIFICIO, USO Y ZONA CLIMÁTICA	83
TABLA 7-6 INTERVALOS DE LOS PORCENTAJES DE EMISIONES PARA EDIFICIO, USO Y ZONA CLIMÁTICA. ESCENARIOS CALENER VYP..	84
TABLA 7-7 PORCENTAJES DE AHORRO EN LAS EMISIONES DE CO ₂ DEL ESCENARIO 1 RESPECTO EL ESCENARIO 5. CALENER VYP.....	85
TABLA 7-8 ESCENARIOS CEPEC.....	85
TABLA 7-9 ESCALA DE CALIFICACIÓN CEPEC PARA EDIFICIOS RESIDENCIALES UNIFAMILIARES. % DE AHORRO RESPECTO LAS EMISIONES DE LA CALIFICACIÓN D SEGÚN CALENER VYP	85
TABLA 7-10 ESCALA DE CALIFICACIÓN CEPEC PARA EDIFICIOS RESIDENCIALES PLURIFAMILIARES. % DE AHORRO RESPECTO LAS EMISIONES DE LA CALIFICACIÓN D SEGÚN CALENER VYP	86
TABLA 7-11 RESUMEN DE LAS CALIFICACIONES.	86
TABLA 7-12 INTERVALOS DE LOS PORCENTAJES DE CONSUMO PARA EDIFICIO, USO Y ZONA CLIMÁTICA. ESCENARIOS CEPEC	87
TABLA 7-13 INTERVALOS DE LOS PORCENTAJES DE EMISIONES PARA EDIFICIO, USO Y ZONA CLIMÁTICA. ESCENARIOS CEPEC.....	88
TABLA 7-14 PORCENTAJES DE AHORRO EN LAS EMISIONES DE CO ₂ DEL ESCENARIO 6 RESPECTO EL ESCENARIO 5. CEPEC.....	89
TABLA 9-1 COMPOSICIÓN DE CERRAMIENTOS PARA LA ZONA C2.....	111
TABLA 9-2 PROPIEDADES BÁSICAS DEL EQUIPO DE EXPANSIÓN DIRECTA AIRE AIRE SÓLO FRÍO DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN .	113
TABLA 9-3 CAPACIDAD DEL ACUMULADOR SEGÚN M ² DE VIVIENDA	114
TABLA 9-4 PROPIEDADES BÁSICAS DEL EQUIPO DE EXPANSIÓN DIRECTA AIRE AIRE BOMBA DE CALOR PARA LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN	114

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3-1 PROCESO DE CERTIFICACIÓN	5
FIGURA 3-2 ETIQUETAS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA PARA RESIDENCIAL(A) Y PEQUEÑO Terciario (B).	6
FIGURA 4-1 ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA DE CERTIFICACIÓN CEPEC	12
FIGURA 5-1 EDIFICIO UNIFAMILIAR.....	19
FIGURA 5-2 EDIFICIO 15 VIVIENDAS	19

FIGURA 5-3 EDIFICIO 44 VIVIENDAS	19
FIGURA 5-4 EDIFICIO 77 VIVIENDAS	19
FIGURA 5-5 ZONAS CLIMÁTICAS SEGÚN DB-HE4	22
FIGURA 6-1 EMISIONES $\text{KG CO}_2 / \text{M}^2$ SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO CALENER VYP. EDIFICIO UNIFAMILIAR.....	25
FIGURA 6-2 ETIQUETA ENERGÉTICA EDIFICIO UNIFAMILIAR. ESCENARIO 1.	26
FIGURA 6-3 ETIQUETA ENERGÉTICA EDIFICIO UNIFAMILIAR. ESCENARIO 3.	27
FIGURA 6-4 DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS POR USOS. ESCENARIOS CALENER VYP. EDIFICIO UNIFAMILIAR	28
FIGURA 6-5 DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE CO_2 POR USOS. ESCENARIOS CALENER VYP. EDIFICIO UNIFAMILIAR	29
FIGURA 6-6 EMISIONES $\text{KG CO}_2 / \text{M}^2$ SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO CALENER VYP. EDIFICIO 15 VIVIENDAS.....	31
FIGURA 6-7 ETIQUETA ENERGÉTICA EDIFICIO 15 VIVIENDAS. ESCENARIO 1.....	32
FIGURA 6-8 ETIQUETA ENERGÉTICA EDIFICIO 15 VIVIENDAS. ESCENARIO 3.....	33
FIGURA 6-9 DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS POR USOS. ESCENARIOS CALENER VYP. EDIFICIO 15 VIVIENDAS.....	34
FIGURA 6-10 DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE CO_2 POR USOS. ESCENARIOS CALENER VYP. EDIFICIO 15 VIVIENDAS.....	35
FIGURA 6-11 EMISIONES $\text{KG CO}_2 / \text{M}^2$ SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO CALENER VYP. EDIFICIO 44 VIVIENDAS.....	36
FIGURA 6-12 ETIQUETA ENERGÉTICA EDIFICIO 44 VIVIENDAS. ESCENARIO 1.....	38
FIGURA 6-13 ETIQUETA ENERGÉTICA EDIFICIO 44 VIVIENDAS. ESCENARIO 3.....	38
FIGURA 6-14 DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS POR USOS. ESCENARIOS CALENER VYP. EDIFICIO 44 VIVIENDAS.....	39
FIGURA 6-15 DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE CO_2 POR USOS. ESCENARIOS CALENER VYP. EDIFICIO 44 VIVIENDAS.....	40
FIGURA 6-16 EMISIONES $\text{KG CO}_2 / \text{M}^2$ SEGÚN ZONA CLIMÁTICA PARA CADA ESCENARIO CALENER VYP. EDIFICIO 77 VIVIENDAS	41
FIGURA 6-17 ETIQUETA ENERGÉTICA EDIFICIO 77 VIVIENDAS. ESCENARIO 1.....	43
FIGURA 6-18 ETIQUETA ENERGÉTICA EDIFICIO 77 VIVIENDAS. ESCENARIO 3.....	44
FIGURA 6-19 DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS POR USOS. ESCENARIOS CALENER VYP. EDIFICIO 77 VIVIENDAS.....	45
FIGURA 6-20 DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE CO_2 POR USOS. EDIFICIO 77 VIVIENDAS	46
FIGURA 6-21 EMISIONES $\text{KG CO}_2 / \text{M}^2$ SEGÚN ZONA CLIMÁTICA PARA CADA ESCENARIO CEPEC. EDIFICIO UNIFAMILIAR.....	48
FIGURA 6-22 DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA FINAL POR USOS. ESCENARIOS CEPEC. EDIFICIO UNIFAMILIAR	49
FIGURA 6-23 DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE CO_2 POR USOS. ESCENARIOS CEPEC. EDIFICIO UNIFAMILIAR	50
FIGURA 6-24 EMISIONES $\text{KG CO}_2 / \text{M}^2$ SEGÚN ZONA CLIMÁTICA PARA CADA ESCENARIO CEPEC. EDIFICIO 15 VIVIENDAS.	51
FIGURA 6-25 DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA FINAL POR USOS. EDIFICIO 15 VIVIENDAS.....	52
FIGURA 6-26 DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE CO_2 POR USOS. ESCENARIOS CEPEC. EDIFICIO 15 VIVIENDAS	54
FIGURA 6-27 EMISIONES $\text{KG CO}_2 / \text{M}^2$ SEGÚN ZONA CLIMÁTICA PARA CADA ESCENARIO CEPEC. EDIFICIO 44 VIVIENDAS.	54
FIGURA 6-28 DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA FINAL POR USOS. ESCENARIOS CEPEC. EDIFICIO 44 VIVIENDAS.....	55
FIGURA 6-29 DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE CO_2 POR USOS. ESCENARIOS CEPEC. EDIFICIO 44 VIVIENDAS	56
FIGURA 6-30 EMISIONES $\text{KG CO}_2 / \text{M}^2$ SEGÚN ZONA CLIMÁTICA PARA CADA ESCENARIO CEPEC. EDIFICIO 77 VIVIENDAS	57
FIGURA 6-31 DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA FINAL POR USOS. ESCENARIOS CEPEC. EDIFICIO 77 VIVIENDAS.....	58
FIGURA 6-32 DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE CO_2 POR USOS. ESCENARIOS CEPEC. EDIFICIO 77 VIVIENDAS	59
FIGURA 6-33 EMISIONES DE CO_2 ESCENARIOS 44_01 Y 44_01_BIOMASA.....	62
FIGURA 6-34 EMISIONES DE CO_2 ESCENARIOS 44_01 Y 44_01_ULIM; 44_05 Y 44_05_ULIM	63
FIGURA 6-35 EDIFICIO 44 VIVIENDAS. EMISIONES GLOBALES EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERFICIE CLIMATIZADA. ESCENARIOS 1 Y 5	64
FIGURA 6-36 COSTES DE CONSUMO PARA CADA EDIFICIO EN FUNCIÓN DEL ESCENARIO Y LA ZONA CLIMÁTICA	67
FIGURA 6-37 COSTES DE CONSUMO PARA CADA ESCENARIO EN FUNCIÓN DEL EDIFICIO Y LA ZONA CLIMÁTICA	68
FIGURA 6-38 COSTES DE INSTALACIÓN PARA CADA EDIFICIO EN FUNCIÓN DEL ESCENARIO Y LA ZONA CLIMÁTICA.....	71
FIGURA 6-39 COSTES DE CONSUMO PARA CADA EDIFICIO EN FUNCIÓN DEL ESCENARIO Y LA ZONA CLIMÁTICA	72
FIGURA 6-40 AÑOS EN LOS QUE SE RECUPERA LA INVERSIÓN, $r = 4\%$. INVERSIÓN: SOBRECOSTE DE LA INSTALACIÓN “1” RESPECTO A LA INSTALACIÓN DEL ESCENARIO “5”. FLUJO DE CAJA = AHORRO EN EL COSTE DE CONSUMO DEL ESCENARIO “1” RESPECTO EL ESCENARIO “5”	74
FIGURA 6-41 SOBRECOSTE DEL AHORRO DE UN KG DE CO_2 (€/KG CO_2) DE CADA ESCENARIO RESPECTO AL ESCENARIO 5 (TODO ELÉCTRICO), TENIENDO EN CUENTA COSTES DE INSTALACIÓN.	76
FIGURA 6-42 SOBRECOSTE DEL AHORRO DE UN KG DE CO_2 (€/KG CO_2) DE CADA ESCENARIO RESPECTO AL ESCENARIO 5 (TODO ELÉCTRICO), TENIENDO EN CUENTA COSTES DE INSTALACIÓN Y COSTES DE CONSUMO	77
FIGURA 7-1 CONSUMO DE ENERGÍA FINAL PARA TODOS LOS ESCENARIOS ESTUDIADOS SEGÚN TIPOLOGÍA DE EDIFICIO Y ZONA CLIMÁTICA	78
FIGURA 7-2 CONSUMO DE ENERGÍA FINAL PARA TODOS LOS ESCENARIOS. A) kWh TÉRMICOS (GAS NATURAL) Y B) kWh ELÉCTRICOS (ELECTRICIDAD).....	79
FIGURA 7-3 EMISIONES DE CO_2 PARA TODOS LOS ESCENARIOS ESTUDIADOS SEGÚN TIPOLOGÍA DE EDIFICIO Y ZONA CLIMÁTICA.....	79

FIGURA 7-4 EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO PARA CADA ZONA CLIMÁTICA SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS.....	81
FIGURA 7-5 EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO ₂ PARA CADA ZONA CLIMÁTICA SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS.....	81
FIGURA 7-6 INTERVALOS DE LOS PORCENTAJES DE CONSUMO DE ENERGÍA POR EDIFICIO, USO Y ZONA CLIMÁTICA.....	83
FIGURA 7-7 INTERVALOS DE LOS PORCENTAJES DE EMISIONES DE CO ₂ POR EDIFICIO, USO Y ZONA CLIMÁTICA. ESCENARIOS CALENR VYP.....	84
FIGURA 7-8 INTERVALOS DE LOS PORCENTAJES DE CONSUMO DE ENERGÍA POR EDIFICIO, USO Y ZONA CLIMÁTICA. ESCENARIOS CEPEC.....	87
FIGURA 7-9 INTERVALOS DE LOS PORCENTAJES DE EMISIONES DE CO ₂ POR EDIFICIO, USO Y ZONA CLIMÁTICA. ESCENARIOS CEPEC....	88
FIGURA 7-10 COSTES DE CONSUMO PARA CADA ESCENARIO EN FUNCIÓN DEL EDIFICIO Y LA ZONA CLIMÁTICA.....	90
FIGURA 7-11 COSTES DE INSTALACIÓN PARA CADA EDIFICIO EN FUNCIÓN DEL ESCENARIO Y LA ZONA CLIMÁTICA.....	91
FIGURA 7-12 AÑOS EN LOS QUE SE RECUPERA LA INVERSIÓN, R = 4%. INVERSIÓN: SOBRECOSTE DE LA INSTALACIÓN “I” RESPECTO A LA INSTALACIÓN DEL ESCENARIO “5”. FLUJO DE CAJA = AHORRO EN EL COSTE DE CONSUMO DEL ESCENARIO “I” RESPECTO EL ESCENARIO “5”.....	91
FIGURA 7-13 SOBRECOSTE DEL AHORRO DE UN KG DE CO ₂ (€/KG CO ₂) DE CADA ESCENARIO RESPECTO AL ESCENARIO 5 (TODO ELÉCTRICO), TENIENDO EN CUENTA COSTES DE INSTALACIÓN.	92
FIGURA 7-14 SOBRECOSTE DEL AHORRO DE UN KG DE CO₂ (€/KG CO₂) DE CADA ESCENARIO RESPECTO AL ESCENARIO 5 (TODO ELÉCTRICO), TENIENDO EN CUENTA COSTES DE INSTALACIÓN Y COSTES DE CONSUMO	93
FIGURA 9-1 DISTRIBUCIÓN EN FRECUENCIAS DE LAS EMISIONES TOTALES DE CO ₂ (KG / M ²) DE LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN MADRID QUE CUMPLEN EstrictAMENTE EL CTE - HE	101
FIGURA 9-2 DISTRIBUCIÓN EN FRECUENCIAS ACUMULADAS DE LAS EMISIONES TOTALES DE CO ₂ (KG / M ²) DE LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN MADRID QUE CUMPLEN EstrictAMENTE EL CTE - HE.....	101
FIGURA 9-3 FRECUENCIA ACUMULADA DE LA DEMANDA DE CALEFACCIÓN EN MADRID (PUNTOS) Y AJUSTE MEDIANTE LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL (LÍNEA CONTINUA)	103
FIGURA 9-4 ANCHO DE LAS CLASES C I D	104
FIGURA 9-5 ANCHO DE LA CLASE B.....	105
FIGURA 9-6 DEMANDA DE CALEFACCIÓN PARA 6 LOCALIDADES.....	106
FIGURA 9-7 NORMALIZACIÓN PROPUESTA POR CEN.....	106
FIGURA 9-8 NORMALIZACIÓN FINALMENTE UTILIZADA, Y AJUSTE CON UNA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE WEIBULL.....	107
FIGURA 9-9 CLASES DE ENERGÍA A PARTIR DEL ÍNDICE DE CALIFICACIÓN	108
FIGURA 9-10 ÍNDICES DE CALIFICACIÓN C ₁ Y C ₂	110
FIGURA 9-11 CLASES DE ENERGÍA A PARTIR DE LOS ÍNDICES DE CALIFICACIÓN C ₁ Y C ₂	110

CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS.

1 Objetivo

El objetivo principal es evaluar la calificación energética de diferentes tipologías de edificios residenciales en función de la fuente energética utilizada (gas natural o electricidad), zona climática, tipos de suministro energético (centralizado o individual) y usos (calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria). Se pretende evaluar la influencia de estos parámetros en la calificación energética final de los edificios.

2 Justificación

El consumo energético, la dependencia de combustibles fósiles y su impacto ambiental es uno de los principales problemas que tiene que afrontar la sociedad actual. El consumo energético en los edificios supone un % importante del consumo global, un 40% en Europa y un 30% en España [EUROSTAT 2003]. Y por tanto, mejorar la eficiencia energética en este sector para disminuir el consumo y, contribuir así al cumplimiento de los compromisos establecidos de disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, es una de las prioridades de la UE. En este sentido se han dictado diferentes directivas entre las que destaca la **Directiva 2002/91/CE**, [Directiva 2002/91/CE 2002], que promueve acciones para mejorar la eficiencia energética de los edificios como la certificación energética de edificios y la revisión de la normativa térmica relacionada con edificios de los estados miembros. España ha revisado la legislación existente para cumplir con la directiva. Se realizará un resumen de la directiva y la normativa española en el apartado 3.2

En este nuevo escenario normativo, es interesante determinar de forma cuantitativa la influencia en la eficiencia energética, y por lo tanto, en la calificación y certificación, de los diferentes tipos de energía utilizados en un edificio así como sus usos. Por ejemplo, en principio, desde un punto de vista de eficiencia energética, un sistema de calefacción de gas natural es mejor que un sistema eléctrico, pero ¿cuánto? Y ¿si es un sistema centralizado?, y ¿qué pasa con la refrigeración? ¿O con los electrodomésticos / gasodomésticos?... En definitiva, lo que se pretende es determinar la influencia de estos parámetros y determinar si son decisivos o no a la hora de obtener una mejor calificación energética.

3 Antecedentes

3.1 Normativa a nivel europeo

La **Directiva 2002/91/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002 establece un marco común destinado a fomentar la mejora del rendimiento energético de los edificios.

El marco general del que surge esta propuesta viene definido, entre otros, por los siguientes aspectos:

- Aumento de la dependencia energética europea. Se prevé que las fuentes exteriores de suministro aumenten hasta el 70% en el 2030 (en el 2001 era un 50%).
- Voluntad de reducir los gases de efecto invernadero y así cumplir el compromiso adoptado en el protocolo de Kioto.
- La intervención de la UE puede influir principalmente en la demanda, fomentando el ahorro energético en los edificios.

La propuesta hace referencia al sector residencial y al sector terciario (oficinas, edificios públicos, etc.). Algunos edificios están excluidos del ámbito de aplicación de las disposiciones relativas a la certificación como los edificios históricos, los industriales, etc.

La Directiva de eficiencia energética de los edificios establecerá un nuevo marco normativo que tendrá que basarse en los siguientes aspectos:

1. La adopción de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios.

Se tendrá que aplicar a escala nacional o regional una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios que se adaptará periódicamente a los avances técnicos. La eficiencia energética se expresará de forma clara y podrá incluir un indicador de emisiones de CO₂.

Esta metodología tendrá que incluir las condiciones climáticas exteriores e interiores, las características térmicas del envolvente del edificio y su orientación, sistemas solares pasivos, las instalaciones térmicas (calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria (ACS)), la ventilación mecánica y natural y la iluminación artificial.

También se tendrá en cuenta la incidencia positiva de sistemas solares activos u otros sistemas de calefacción o producción de electricidad basados en fuentes de energías renovables, así como generación o sistemas de calefacción y refrigeración central o urbana y la iluminación natural.

2. La aplicación de unos requisitos mínimos de eficiencia energética en los edificios nuevos y los existentes que sean objeto de reformas importantes.

Será obligatorio establecer unos requisitos mínimos de eficiencia energética en los edificios basados en la metodología de cálculo anterior.

Estos requisitos podrán ser diferentes para edificios nuevos y existentes, así como entre diferentes tipologías de edificios, pudiendo quedar excluidos de esta exigencia los edificios y monumentos protegidos, los edificios de viviendas destinados a utilizarse durante menos de cuatro meses al año y los edificios con una superficie inferior a 50 m².

Además, cuando los edificios nuevos tengan una superficie mayor a 1.000 m² y antes de que

se empiece su construcción se analizará la viabilidad técnica, medioambiental y económica de sistemas alternativos como: sistemas descentralizados de producción de energía basados en energías renovables, cogeneración o refrigeración central o urbana y bombas de calor. Los edificios existentes que tengan una superficie útil total superior a 1.000 m², cuando se realicen reformas importantes, se tendrá que garantizar una mejora de su eficiencia energética para que cumplan unos requisitos mínimos siempre que esto sea técnica, funcional y económicamente viable. Estos requisitos podrán establecerse ya sea en el conjunto del edificio reformado o en los componentes reformados.

3. La inspección periódica de calderas y de los sistemas de aire acondicionado.

Con el objetivo de reducir el consumo de energía y limitar las emisiones de CO₂ se establecerá una inspección periódica de calderas y de los sistemas de aire acondicionado. Con esto se refuerza la exigencia de la Directiva 93/76/CEE, concretándola y ampliándola a los sistemas de aire acondicionado con una potencia superior a 12 kW.

4. La certificación energética de los edificios.

El certificado de eficiencia energética de un edificio es un certificado reconocido por el Estado miembro, o por una persona jurídica designada por él, que incluye la eficiencia energética de un edificio calculada según la metodología mencionada anteriormente.

Según la propuesta, los Estados miembros podrán estimular el rendimiento energético vía concesión de créditos fiscales, así como a través de campañas de información y sensibilización.

Debido a la falta de especialistas calificados o acreditados, los Estados miembros disponen de un periodo adicional de tres años para aplicar plenamente las disposiciones relativas a la certificación y a las inspecciones de las instalaciones, siendo la fecha límite enero de 2009.

El certificado es una información técnica objetiva, sobre las características energéticas que aportará mayor transparencia al mercado inmobiliario y fomentará las inversiones en ahorro de energía. La información final para promotores usuarios tendrá que ser clara y sencilla. Menos valores de emisión de CO₂ mediante mejoras de la eficiencia energética, implica menores consumos de energía primaria o de otras formas de energía, con sistemas de transformación menos contaminantes.

El certificado refleja el coeficiente de transmisión global del edificio y también el consumo de energía para calefacción, refrigeración y ACS. Algunos países para favorecer una interpretación sencilla han adoptado una calificación final en forma de estrellas que informa con claridad y sencillez al usuario.

Utilizando diferentes métodos se pueden valorar los efectos que sobre el consumo, tienen determinadas variaciones, suministrando valores que permiten cuantificar una mejora respecto a otra. Son criterios de selección de materiales o elementos, en la fase de diseño que posibilitan una mejora relativa al consumo final de energía del edificio.

3.1.1 Experiencias en Europa.

A nivel europeo, Dinamarca, Alemania y el Reino Unido ya disponen de un proceso de certificación energética de edificios obligatorio para todos los edificios de nueva construcción. Para edificios existentes sólo Dinamarca dispone de un sistema obligatorio, aunque en otros estados miembros disponen de sistemas voluntarios.

En Dinamarca, las estadísticas procedentes de una base de datos construida sobre la experiencia de tres años y medio de certificación, en la que se han analizado 160.000 viviendas, muestran que la certificación ha supuesto unos costes de unos 25 millones de euros, y las medidas que de esta forma se han determinado pueden, potencialmente, ahorrar unos 125 millones de euros. Estas medidas se

han traducido, para los consumidores, en una reducción de costes de energía en unos 20 millones de euros anuales. En este caso particular, la certificación conjuntamente con la puesta en marcha de las medidas recomendadas, han proporcionado un rendimiento sobre la inversión de más de un 13%, cifra considerada de gran eficacia en el coste.

En Alemania la certificación energética es del año 1995, año en el que la normativa alemana sobre aislamiento térmico, obligaba a una certificación de eficiencia energética a nivel nacional para el parque de edificios nuevos. Esto dio lugar a una multitud de certificaciones de carácter regional. Actualmente, se ha querido unificar la certificación para todo el territorio. El marco legal del actual certificado de calificación denominado Energiepass ha sido desarrollado por DENA (Agencia de energía alemana). Este formato único para toda Alemania, evalúa la eficiencia energética del edificio a partir del consumo de energía primaria total anual en kWh/m². A partir de 2006 éste es obligatorio para todos los edificios de nueva construcción, independientemente del uso y tendrá una validez de 10 años. [Ferrer, J; Arauzo, I, 2005]

3.2 Normativa a nivel estatal

El Ministerio de Vivienda, a través de la Subdirección General de Innovación y Calidad de la Edificación en colaboración con el IDAE y otras unidades del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, han desarrollado los trabajos para determinar los requisitos básicos que tiene que cumplir la metodología de cálculo de la calificación energética, considerando aquellos factores que tienen más influencia en el consumo de energía de los edificios. La complejidad de esta metodología de cálculo lleva a que su aplicación sólo pueda realizarse con fiabilidad mediante procedimientos específicos informáticos que la desarrollen y que se establecen en el Real Decreto de aprobación de la certificación energética de edificios. A pesar de esto, se ha desarrollado una metodología de certificación simplificada para edificios residenciales, pero en la que sólo se puede obtener, como máxima, una calificación de D¹.

Con la finalidad de facilitar la interpretación, por parte de los consumidores, de la certificación energética, se ha aprobado un distintivo común en todo el territorio nacional, garantizando, en todo caso las especificidades que sean necesarias en las diferentes comunidades autónomas.

El Real Decreto que regula el proceso de Certificación de la Eficiencia Energética de los Edificios fue aprobado el 19 de enero de 2007 [RD 47/2007, 2007]. A continuación, se pretende resumir el contenido de este decreto destacando las cuestiones que se consideran básicas. También se recoge la información obtenida por parte del Grupo de Termotecnia de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla que han sido los encargados de definir la escala de certificación y los desarrolladores de la herramienta informática que se usará para calificar energéticamente los edificios. [Molina, JL, 2005]

¿Quién tiene que tener el certificado de eficiencia energética?

- Se aplicará a todos los edificios de nueva construcción, excluyendo algunos tipos de edificios como por ejemplo las construcciones provisionales, edificios aislados de superficie total inferior a 50 m², naves industriales,... En definitiva, los mismos edificios que tienen que cumplir el requisito de limitación de demanda del documento básico de ahorro de energía del código técnico de la edificación (DB-HE1 del CTE).

¿Qué se entiende por: calificación, certificación energética del proyecto y del edificio acabado y certificado de eficiencia energética del proyecto y del edificio acabado?

- Calificación de eficiencia energética de un edificio: Expresión de la eficiencia energética de un edificio que se determina de acuerdo con una metodología de cálculo y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética. Siendo, la eficiencia energética de un edificio el consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la

¹ Hay que tener en cuenta que la escala de calificación va de la A (edificio más eficiente) hasta la G (edificio menos eficiente).

demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.

- Certificación de eficiencia energética de proyecto: Proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del proyecto.
- Certificación de eficiencia energética del edificio terminado: Proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto con la del edificio terminado y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del edificio terminado.
- Certificado de eficiencia energética de proyecto: Documentación suscrita por el proyectista como resultado del proceso de certificación, que incluye la calificación de eficiencia energética del proyecto, señalada en la escala de eficiencia energética.
- Certificado de eficiencia energética del edificio terminado: Documentación suscrita por la dirección facultativa de la obra como resultado del proceso de certificación, que incluye la calificación de eficiencia energética del edificio terminado, señalada en la escala de eficiencia energética.

¿Qué se tiene que hacer para obtener el certificado de eficiencia energética?

- Para obtener la calificación energética se podrá utilizar el procedimiento simplificado (sólo en el caso de edificios residenciales) o el procedimiento de referencia. Con el procedimiento simplificado la máxima calificación posible será una D. El procedimiento de referencia está basado en el software CALENER VyP (para residencial y pequeño terciario) y CALENER GT (para gran terciario). También se podrá utilizar un procedimiento alternativo, siempre y cuando éste cumpla con las especificaciones que se especifican en este Real Decreto y sea validado por el organismo competente. En cualquier caso, el procedimiento a seguir es el siguiente:

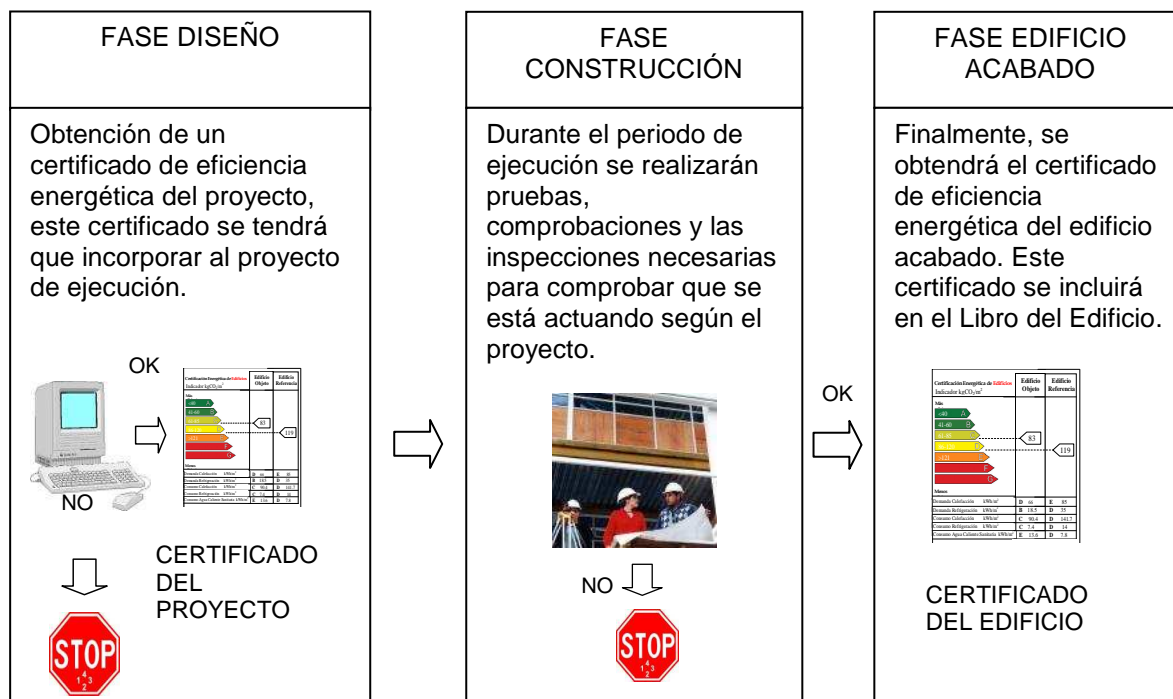


Figura 3-1 Proceso de certificación

- Las comunidades autónomas podrán establecer si es necesario un control externo y definir el alcance y el procedimiento que sea necesario para realizarlo. Este control externo lo realizarán agentes autorizados.

¿Qué herramientas se podrán utilizar para realizar la certificación energética?

- El programa oficial de cálculo es CALENER. Existen 2 modelos de CALENER en función de la tipología de los sistemas energéticos del edificio a certificar.
 - CALENER – VyP para vivienda y pequeño y mediano terciario basado en LIDER² más el motor de cálculo para sistemas, ESTO2.
 - CALENER – GT: basado en DO2.2
- También se podrán utilizar programas alternativos que hayan sido autorizados previamente por el organismo competente. Estos programas de cumplimentación tendrán que tener tres módulos básicos:
 - Definición geométrica, constructiva y operacional del edificio objeto y sus sistemas de climatización, y del edificio de referencia y de sus sistemas de climatización.
 - Cálculo del consumo de los edificios en condiciones estándar.
 - Generación de la documentación administrativa.

¿Se definirá una etiqueta de la certificación energética como la de los electrodomésticos?

- Sí, la obtención del certificado de eficiencia energética otorgará el derecho de utilización durante el periodo de vigencia de la misma, de la etiqueta de certificación energética.

Certificación Energética de Edificios

Indicador kgCO₂/m²

Indicador	Edificio Objeto	Edificio Referencia
Demanda calefacción kWh/m ²	D 26,4	D 36,0
Demanda refrigeración kWh/m ²	C 29,1	C 25,1
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 8,1	D 11,5
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 9,7	C 6,3
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	A 1,3	D 1,9

Certificación Energética de Edificios

Indicador kgCO₂/m²

Indicador	Edificio Objeto	Edificio Referencia
Demanda calefacción kWh/m ²	D 26,4	D 36,0
Demanda refrigeración kWh/m ²	C 29,1	C 25,1
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 8,1	D 11,5
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 9,7	C 6,3
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	A 1,3	D 1,9

Certificación Energética de Edificios

Indicador kgCO₂/m²

Formulario de Datos:

Edificio: _____

Localidad/Zona climática: _____

Uso del Edificio: _____

Consumo Energía Anual: _____ kWh/año
(_____ kWh/m²año)

Emisiones de CO₂ Anual: _____ kgCO₂/año
(_____ kgCO₂/m²año)

El Consumo de Energía y sus Emisiones de Dióxido de Carbono son las obtenidas por el Programa _____ para unas condiciones o sobre las definidas normativamente y según el caso.

El Consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono o equivalentes de las condiciones de operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas entre otros factores.

Figura 3-2 Etiquetas de certificación energética para residencial(a) y pequeño terciario (b).

- En el Anejo I de este documento, se explica con más detalle el proceso de obtención de la escala de calificación para los edificios residenciales. Los edificios de viviendas regulados por este Procedimiento básico se clasificarán energéticamente de acuerdo con la Tabla 3-1, tanto si corresponde a viviendas unifamiliares como en bloque.

² LIDER. Programa oficial de cálculo par la evaluación del requisito DB-HE1 sobre limitación de demanda energética de edificios. [DB – HE1. 2006]

Tabla 3-1 Escala de certificación para edificios residenciales

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índices de calificación de eficiencia energética
A	$C1 < 0.15$
B	$0.15 \leq C1 < 0.50$
C	$0.50 \leq C1 < 1.00$
D	$1.00 \leq C1 < 1.75$
E	$C1 > 1.75$ y $C2 < 1.00$
F	$C1 > 1.75$ y $1.00 \leq C2 < 1.5$
G	$C1 > 1.75$ y $1.50 \leq C2$

La calificación de eficiencia energética asignada al edificio será la correspondiente al índice de calificación de eficiencia energética obtenido por el mismo, dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente).

Los índices de calificación de eficiencia energética C1, para edificios de nueva construcción, y C2, para edificios existentes, de las viviendas unifamiliares o en bloque se obtienen respectivamente mediante las fórmulas siguientes:

$$C1 = \frac{\left(\frac{I_o}{I_r} R\right) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{I_o}{I_s} R'\right) - 1}{2(R' - 1)} + 0.5$$

Donde:

I_o : son las emisiones de CO₂ del edificio objeto calculadas de acuerdo con la metodología descrita en el anexo del RD y limitadas a los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

I_r : corresponde al valor medio de emisiones de CO₂ de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2, HE3 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación.

R : es el ratio entre el valor de I_r y el valor de emisiones de CO₂ de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondiente al percentil del 10 % de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 HE3 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación.

I_s : corresponde al valor medio de las emisiones de CO₂ de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, para el parque existente de edificios de viviendas en el año 2006.

R' : es el ratio entre el valor I_s y el valor de emisiones de CO₂ de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondiente al percentil del 10% del parque existente de edificios de viviendas en el año 2006.

Los valores de I , R , I_s R' correspondientes a las diferentes capitales de provincia se incluyen en un documento reconocido³. En el mismo documento se describe el procedimiento para obtenerlos en localidades que no sean capitales de provincia. Estos valores son independientes del procedimiento utilizado para evaluar las emisiones de CO₂.

- Para terciario, La calificación de eficiencia energética asignada al edificio será la correspondiente al índice de calificación de eficiencia energética obtenido por el mismo, dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente). El índice de calificación de eficiencia energética C de este tipo de edificios es el cociente entre las emisiones de CO₂ del edificio a certificar y las emisiones de CO₂ del edificio de referencia. Este índice expresará, en tanto por uno, la relación entre las emisiones de CO₂ estimadas del edificio a certificar, necesarias para satisfacer las demandas asociadas a unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio y las emisiones de CO₂ del edificio de referencia.

Tabla 3-2 Escala de certificación para edificios no residenciales

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índice de calificación de eficiencia energética
A	$C < 0.40$
B	$0.40 \leq C < 0.65$
C	$0.65 \leq C < 1.00$
D	$1.00 \leq C < 1.3$
E	$1.3 \leq C < 1.6$
F	$1.6 \leq C < 2$
G	$2 \leq C$

- En cualquier caso, esta etiqueta la tendrán que exhibir todos los edificios públicos de superficie superior a 1000 m² y que sean visitados por un número elevado de personas. El resto de edificios podrán exhibir la etiqueta de forma voluntaria.

¿El Certificado de Eficiencia energética será obligatorio o voluntario? ¿A partir de cuándo?

- Según el Real Decreto de Certificación Energética de Edificios, publicado el 31 de enero de 2007, el certificado era voluntario en los 6 primeros meses después de la entrada en vigor del decreto (tres meses después de la publicación en el BOE (30 de Abril de 2007) y obligatorio después de esta fecha, es decir, a partir del 31 de Octubre de 2007. Los edificios que estén en construcción o los proyectos que tengan solicitada la licencia de obras en la entrada en vigor del Real Decreto estarán exentos de la aplicación del mismo.
- A pesar de esto, la directiva dice que la certificación es obligatoria a partir del 6 de enero de 2006, pero que debido a la falta de especialistas calificados o acreditados, los Estados miembros podrán disponer de un periodo adicional de tres años para aplicar plenamente las disposiciones relativas a la certificación y a la inspecciones de las instalaciones. En el Real Decreto no se hace referencia a la posibilidad de acogerse a este periodo adicional.

³ Escala de Calificación Energética para Edificios de Nueva Construcción: documento que muestra las líneas principales del proceso de elaboración de la escala de calificación energética de los edificios. (Disponible en <http://www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/Otros/>)

¿Cuánto dura este certificado? ¿Hay que renovarlo y actualizarlo? ¿Cómo?

- El certificado tiene una validez de 10 años. Pasado este tiempo, el edificio se considera edificio existente, y tendrá que seguir la normativa de certificación energética que se defina para este tipo de edificios.
- Las comunidades autónomas decidirán el procedimiento para la renovación de la certificación.
- El propietario del edificio es el responsable de su renovación.

3.3 Experiencias en España.

Las experiencias de certificación en España hasta el momento se reducen a acciones puntuales de alguna comunidad autónoma o alguna ciudad. A partir de la entrada en vigor del Real Decreto de Certificación estas metodologías de certificación han de ser revisadas y adaptadas para cumplir con los requerimientos especificados en la normativa.

3.3.1 País Vasco

En el País Vasco la certificación energética de edificios es optativa desde 1993. En este periodo se han certificado de forma provisional, sobre proyecto, 15.500 viviendas. Se han certificado de forma definitiva, construidas, 4.300 viviendas. Se han certificado de forma definitiva 3 edificios de oficinas, 12 hoteles de nueva planta y un centro educativo.

El 60 % de las viviendas certificadas corresponden a viviendas de promoción pública, tanto de VIESA como del Departamento de Vivienda del Gobierno Vasco. Con esta metodología de calificación, se evalúa el coeficiente de consumo, que se entiende como el cociente entre el consumo del edificio estudiado y el consumo del edificio de referencia. La metodología y certificación ha sido elaborada por el EVE, Ente Vasco de la Energía.

Este cociente de consumo medio ha pasado del 74,2 % en el periodo 1996 – 1999 al 69,7 % en el 2000 – 2003. En el 2004 es del 64,6% y en el 2005 está en el 60,3%. [EVE, 2005]

3.3.2 Sevilla.

El Ayuntamiento de Sevilla ha incluido en la Ordenanza para la gestión local de la energía de Sevilla, un capítulo, sobre Calificación y certificación energética de edificios e instalaciones.

La calificación energética no se expresa con una letra como es el caso de la certificación del País Vasco y la del Decreto de Certificación energética a nivel estatal. En este caso, el proyecto definitivo de construcción tiene que ser como mínimo de 7 puntos, en una escala de 0 a 10 puntos. La metodología para determinar la calificación energética de los edificios se determina en el anexo 1 de la ordenanza. Esta metodología se lleva a cabo mediante el procedimiento CEV, desarrollado mediante acuerdo de colaboración por la Dirección General de Vivienda, Arquitectura y Urbanismo del Ministerio e IDAE del Ministerio de Ciencia y Tecnología, con la asistencia técnica del Grupo de Termotecnia del Departamento de Ingeniería y Fluidodinámica de la Escuela Superior de ingenieros de la Universidad de Sevilla.

Esta ordenanza está en vigor desde junio de 2002, pero no se han evaluado los resultados obtenidos.

3.3.3 Barcelona.

La Agencia Local de Energía de Barcelona, junto con otras entidades públicas y privadas participaron en el Proyecto Europeo CEPEC (ALTENER Z/02-072/2002) - Comprehensive Energy Planning in European Cities -, que fue aprobado por el Programa Europeo ALTENER de la DG TREN de la Comisión Europea, en la convocatoria del 2002. [Ivancic, A; Salom, J, 2005]

El proyecto se ha presentado como un conjunto de acciones que se ejecutarán en Barcelona así como en las ciudades de Berlín y Malmö. Está compuesto por 5 tareas, una de las cuáles corresponde a la definición de una metodología de certificación energética de edificios. El proyecto finalizó a finales del 2005. Para la validación de esta metodología se evaluaron múltiples edificios reales, pero no existe una relación de edificios certificados con esta metodología porque no ha sido aplicada de forma masiva por ninguna administración oficial, sólo a nivel privado.

4 Estado del arte

4.1 Herramientas de certificación energética de edificios

En cuanto a la certificación energética de edificios, la legislación estatal propone una metodología de certificación basada en el software CALENER VyP desarrollado por el Ministerio de Vivienda y por el IDAE, que encargó su elaboración al grupo de Termotecnia de la Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía, AICIA, con la colaboración del Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, IETCC. Por otro lado, el proyecto europeo CEPEC⁴ ha desarrollado una metodología de certificación energética de edificios alternativa.

4.1.1 CALENER VYP

CALENER_VYP (vivienda y pequeño terciario) es la herramienta oficial de cálculo, para la certificación energética de edificaciones. Esta herramienta está basada en LIDER más un motor de calculo llamado: *ESTO2 – Edificios*, (Entorno de Simulación Térmica Orientado a Objetos) el cual realiza los cálculos de simulación de los procesos térmicos de los sistemas de climatización (refrigeración, calefacción y ventilación) y agua caliente sanitaria en los edificios.

Este programa es de aplicación en edificios de nueva construcción, y en edificios de reforma o rehabilitación con una superficie útil superior a 1000 m², para la tipología edificatoria de viviendas, pequeños y medianos terciario, quedan excluidos edificios de construcción provisional y edificaciones no mayores a 50 m².

La aplicación informática se utiliza para obtener la calificación energética de un edificio en concreto, denominado edificio objeto, mediante la evaluación del consumo de las instalaciones de agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración (consumo de energía final), el resultado de esta evaluación es comparado con el consumo de un edificio de referencia.

La referencia respeta la libertad del proyectista para elegir la geometría, esto se refiere al diseño arquitectónico de la edificación y la libertad para seleccionar los sistemas que se consideren adecuados para la funcionalidad del edificio.

La calificación valora la calidad de la epidermis y la calidad de los equipos que conforman los sistemas, no valora las ventajas de un sistema con respecto a otro, las restricciones de la epidermis y de los sistemas térmicos, son condicionantes previos a la calificación.

El Real Decreto 47/2007 de 19 de enero de 2007, que define el procedimiento para la calificación y certificación energética de edificios, establece como condicionante previo que el edificio objeto cumpla con las restricciones dispuestas por las normativas vigentes tanto para la epidermis, como para los sistemas térmicos.

El código técnico de la edificación (CTE) establece el marco normativo de las exigencias básicas que deben cumplir los edificios para seguridad estructural, para seguridad en caso de incendio, para seguridad de utilización, para higiene, salud y protección del medio ambiente y para ahorro de energía.

Dentro del Documento Básico HE Ahorro de Energía se establecen las reglas y procedimientos que permiten cumplir con las exigencias básicas de ahorro de energía en las edificaciones.

⁴ Comprehensive Energy Planning in European Cities. Proyecto aprobado por el Programa Europeo ALTENER de la DG TREN de la Comisión Europea.

El documento Básico “DB HE Ahorro de energía” especifica parámetros y objetivos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimo de calidad propio de los requisitos básicos de ahorro de energía. [DB – HE, 2006]

4.1.2 CEPEC

Metodología de certificación energética desarrollada en el proyecto europeo CEPEC - Comprehensive Energy Planning in European Cities, que fue aprobado por el Programa Europeo ALTENER de la DG TREN de la Comisión Europea. (ALTENER Z/02-072/2002)

En referencia a la segunda acción del proyecto: “Etiquetaje y calificación energética de edificios en Barcelona y Malmö”, el esquema de la certificación es el que se resume en el diagrama de bloques

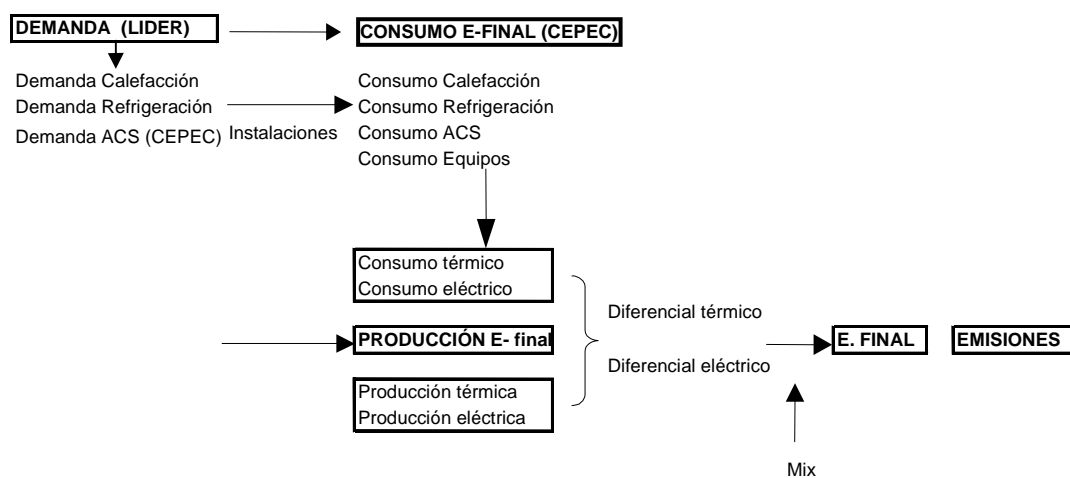


Figura 4-1 Esquema de la metodología de certificación CEPEC

La metodología de certificación desarrollada en este proyecto pretende ser una metodología fiable pero de fácil utilización para los usuarios que utilicen esta herramienta.

El sistema de calificación es similar pero no equivalente al que establece el Real Decreto de Certificación Energética de edificios, es decir, mediante una letra en función del porcentaje de ahorro respecto al edificio de referencia.

4.2 Proceso de certificación energética de edificios

Actualmente, a pesar de que el Real Decreto de Certificación ya está en vigor, desde el pasado 31 de octubre de 2007, todavía hay muchos vacíos legales/administrativos sobre el proceso de certificación.

En la siguiente tabla se indican todos los pasos a seguir para certificar un edificio, así como dónde hay que hacer cada uno de ellos, quién es el responsable de llevarlo a cabo y las comunidades en las que está en vigor cada uno de los pasos, en el momento de realizar este estudio, es decir, en Mayo 2008.

Tabla 4-1 Proceso de certificación energética de edificios

	Acción	Responsable	Comunidades en vigor	Dónde
1	Realizar Calificación energética del edificio (CALENER)	Arquitecto / Ingeniero	Todas	
2	Visar Proyecto HE-1	Arquitecto / Ingeniero	Todas	Colegio facultativo
3	Realizar Registro de Certificación Energética	Arquitecto / Ingeniero	Cataluña / País Vasco	Organismo competente de la CCAA. En el caso de Cataluña y País Vasco: Icaen / EVE
4	Calificación energética de proyecto	Organismo competente de la CCAA	Cataluña / País Vasco	Organismo competente de la CCAA. En el caso de Cataluña y País Vasco: Icaen / EVE
5	Entrega documentación: Proyecto ejecutivo + Proyecto certificación energética + Hoja firmada de registro de certificación energética + Documento oficial de calificación energética	Promotor / arquitecto	Todas	Ayuntamiento
6	Inspecciones	Organismo competente de la CCAA (Administración pública o entidades privadas cualificadas)	País Vasco (tiene un sistema de inspección)	
7	Calificación Energética edificio final	Organismo competente de la CCAA	País Vasco	Organismo competente de la CCAA

En el caso de Cataluña, para realizar el registro de certificación energética y obtener así la certificación energética del proyecto hay que seguir los siguientes pasos:

1. Rellenar el modelo de Certificado de Eficiencia Energética de Edificios generado por el programa informático.

2. Validar la solicitud y obtener el número de "Registro de Certificación Energética".
3. Imprimir la solicitud, que constará finalmente de entre tres y cuatro páginas, según el caso, generadas automáticamente.
 - a. La primera de las páginas corresponde a la solicitud de inscripción en el registro y los otros conformarán el Certificado de Eficiencia Energética del Proyecto.
 - b. El programa informático está preparado para imprimir dos copias directamente, una de las cuales se presentará al ICAEN y la otra formará parte del proyecto ejecutivo del edificio.
4. Firmar la solicitud de inscripción al registro. Ésta la deberá firmar el promotor o el propietario del edificio y hará falta que el/los técnico/s responsable/s de la certificación energética del proyecto firmen la parte correspondiente. Incorporará también el/los visados del/los colegio/s profesional/es.
5. Presentar la solicitud de inscripción en el Registro de Certificados de Eficiencia Energética acompañada de la documentación adicional que se pida en el Institut Català d'Energia o en cualquiera de las oficinas de registro de entrada y salida de documentos de la Generalitat de Catalunya.
6. En un término máximo de 30 días hábiles desde la entrada al registro de las solicitudes, el promotor recibirá por correo electrónico y en formato PDF la etiqueta de Calificación Energética del edificio en fase de proyecto. Durante este periodo el órgano competente puede requerir toda aquella información complementaria que crea oportuna con tal de verificar la calificación energética presentada en la solicitud.

En las otras comunidades autónomas, los organismos competentes deberán desarrollar un proceso similar. En la siguiente tabla se indican los organismos competentes de cada una de las comunidades autónomas

Tabla 4-2 Organismos competentes de cada Comunidad Autónoma en el proceso de certificación energética de edificios.

ORGANISMO DE CONTACTO POR COMUNIDAD AUTÓNOMA
ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA C/ Isaac Newton s/n (antiguo pabellón de Portugal), Isla de la Cartuja; 41092 Sevilla Tel: 954-786-335 ; www.agenciaandaluzadelaenergia.es
ARAGÓN. DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO Edificio Pignatelli, Pº María Agustín, 36; 50071 Zaragoza Tel: 976-71-40-00; http://portal.aragob.es
ASTURIAS (PRINCIPADO DE). CONSEJERÍA DE INDUSTRIA Y EMPLEO Plaza de España, 1 3º; 33007 Oviedo Tel: 985-27-91-00; www.asturias.es ASTURIAS (PRINCIPADO DE) - FORMACIÓN. FAEN (FUNDACIÓN ASTURIANA DE LA ENERGÍA) C/ Fray Paulino, s/n 33600 - Mieres Tel: 985-46-71-80; www.faen.es
BALEARES (ILLES). CONSEJERÍA DE COMERCIO, INDUSTRIA Y ENERGÍA C/ Camí de Son Rapinya, 12; 07013 Palma de Mallorca Tel: 971-17-65-65; www.caib.es
CANARIAS. CONSEJERÍA DE EMPLEO, INDUSTRIA Y COMERCIO C/ León y Castillo, 200; Edificio Servicios Múltiples III , Planta 4ª; 35071 Las Palmas de Gran Canaria Tel: 902-111-012; www.gobcan.es

<p>CANTABRIA. CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, VIVIENDA Y URBANISMO C/ Vargas 53 - 8ª Planta. 39010 - SANTANDER Tel: 902-13-90-12; www.gobcantabria.es</p>
<p>CASTILLA-LA MANCHA. CONSEJERÍA DE INDUSTRIA Y SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Avda. Río Estenilla, s/n ; 45071 TOLEDO Tel: 902-26-70-90; www.jccm.es</p> <p>CASTILLA-LA MANCHA - FORMACIÓN. AGECA (AGENCIA DE LA ENERGÍA DE CASTILLA-LA MANCHA) Parque Científico y Tecnológico. Edificio de Energías Renovables. Avda de la Investigación s/n 02071 Albacete Tel: 902-101-480; www.agecam.es</p>
<p>CASTILLA Y LEÓN. CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y EMPLEO C/ Jesús Rivero Meneses, 3. 47014 Valladolid Tel: 983-414-911; www.jcyl.es</p> <p>CASTILLA Y LEÓN - FORMACIÓN. EREN (ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN) Avda. Reyes Leoneses, 11. 24008 León Tel: 987-849-393; www.eren.jcyl.es</p>
<p>CATALUÑA. ICAEN (INSTITUTO CATALÁN DE LA ENERGÍA) Avda. Diagonal 453 bis Ático - 08036 Barcelona Tel: 93-622-05-00; www.icaen.net</p>
<p>COMUNIDAD VALENCIANA. AGENCIA VALENCIANA DE ENERGÍA (AVEN) C/ Colón, nº 1, 4ª planta ; 46004 Valencia Tel: 963-427-900 ; www.aven.es</p>
<p>EXTREMADURA. CONSEJERÍA DE FOMENTO Via de la Plata, nº 31. 06380 Mérida (Badajoz) Tel : 924-005-605; http://fomento.juntaex.es</p>
<p>GALICIA. INSTITUTO ENERGÉTICO DE GALICIA (IIEGA) Rua Ourense, nº 6; 15701 Santiago de Compostela (A Coruña) Tel: 981-541-538 ; www.inega.es</p>
<p>MADRID (COMUNIDAD DE). CONSEJERÍA DE VIVIENDA Calle Maudes, nº 17. Madrid 28003 Tel: 91-580-31-00; www.madrid.org</p>
<p>PAÍS VASCO. ENTE VASCO DE LA ENERGÍA (EVE) Edificio Plaza Bizkaia, Alameda de Urkijo, 36, 48011-Bilbao Tel: 944-035-600 ; www.eve.es</p>
<p>RIOJA (LA). CONSEJERÍA DE INDUSTRIA, INNOVACIÓN Y EMPLEO C/ Marqués de la Ensenada 13-15 (entrada por Albia de Castro); 26071 Logroño Tel: 900-700-333; www.larioja.org</p>
<p>MURCIA (REGIÓN DE). CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, EMPRESA E INNOVACIÓN C/ Nuevas Tecnologías, s/n , 30071 Murcia Tel: 968-36-20-00; www.carm.es</p>

NAVARRA (COMUNIDAD FORAL DE). DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA Y COMERCIO
Parque Tomás Caballero, 1 Edificio "Fuerte del Príncipe, II"; 31005 Pamplona
Tel: 848-42-70-00; www.cfnavarra.es

CEUTA. CONSEJERÍA DE FOMENTO
C/ Beatriz de Silva, 14-bajo ; 51001 Ceuta
Tel: 956-52-81-70; www.ceuta.es

MELILLA. CONSEJERÍA DE FOMENTO
pza. España, s/n. MELILLA. C.P. 52001
Tel: 952-69-91-00 ; www.melilla.es

4.3 Opción simplificada para la calificación energética de edificios

Según el RD 47/2007, la certificación energética para edificios residenciales se puede obtener mediante:

- Opción general. Mediante programa Calener VyP o programa alternativo
- Opción simplificada. Los edificios que obtengan la calificación mediante esta opción deberán cumplir estrictamente los siguientes requisitos del documento básico “Ahorro de energía” del CTE:
 - HE-1. Limitación demanda energética.
 - HE-2. Rendimiento instalaciones térmicas.
 - HE-4. % Energía solar para ACS.

Sólo podrán acogerse a la opción simplificada los edificios residenciales y sólo podrán obtener una calificación energética de D o E.

El objetivo de esta opción simplificada para los edificios de viviendas es proporcionar la calificación de eficiencia energética de los mismos de una manera indirecta, a través de un conjunto de soluciones técnicas, que son coherentes con la verificación del cumplimiento de los requisitos mínimos de la Directiva 2002/91/CE.

4.3.1 Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación es el mismo que el del requisito 1 sobre “Limitación de demanda” del Documento Básico de Ahorro de energía del CTE (DB – HE1). Es decir,

- para las 12 zonas climáticas, según CTE-HE-1.
- el porcentaje de superficie de huecos ha de ser inferior al 60% de la superficie de fachada y el de lucernarios, inferior al 5% de superficie de cubierta. Se permite que el porcentaje en huecos sea superior al 60% siempre y cuando la superficie de la fachada en cuestión no supere el 10% de la superficie total de fachada del edificio.
- quedan excluidos los edificios con soluciones constructivas no convencionales.

4.3.2 Soluciones técnicas

Se entiende por solución técnica un conjunto determinado de parámetros característicos que definen el comportamiento energético de un edificio y sus instalaciones, que cumple estrictamente con los requisitos mínimos HE1, HE2 y HE4.

Las soluciones técnicas se presentan en forma de un conjunto de tablas, según las distintas zonas climáticas, que contienen una serie de opciones. Cada opción constituye una solución técnica que incluye un conjunto alternativo de combinaciones posibles de los siguientes parámetros característicos:

- a) Compacidad c , expresada en m , como relación entre el volumen V encerrado por la envolvente térmica y la suma S de las superficies de dicha envolvente..
 $c=V/S$ [m]
- b) Rendimiento del equipo generador de calefacción expresado por su Clase Energética:
- con el sistema de estrellas para las calderas según el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 92/42/CEE, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la Directiva 93/68/CEE del Consejo, o
 - con el sistema de letras para las bombas de calor según el Real Decreto 142/2003, de 7 de febrero, por el que se regula el etiquetado energético de los acondicionadores de aire de uso doméstico.
- c) Tipo de combustible de la instalación de calefacción, distinguiendo entre:
- GN: Gas Natural.
 - LIQ: Combustible líquido (típicamente gasóleo).
 - GLP: Gases licuados de petróleo (butano y propano).
- d) Rendimiento del equipo generador de refrigeración, expresado por su Clase Energética, con el sistema de letras según el Real Decreto 142/2003.
- e) Rendimiento del equipo generador de agua caliente sanitaria, expresado por su Clase Energética, con el sistema de estrellas según el Real Decreto 275/1995.

El cumplimiento de cualquiera de las combinaciones de las diferentes opciones, dadas por columnas, permite la asignación al edificio de la clase de eficiencia D. En caso de que los parámetros característicos del edificio no permitan su inclusión en alguna de las opciones propuestas, el edificio obtendrá la clase de eficiencia E. Del mismo modo, cuando alguna de estos parámetros quede reflejado en cualquiera de las tablas mediante un símbolo “-”, el edificio obtendrá la clase de eficiencia E. A continuación se presenta, como ejemplo, una de las soluciones técnicas para viviendas unifamiliares en las zonas climáticas A3, A4, B4, C3 y C4. El resto de tablas se pueden consultar en el documento reconocido: “Opción Simplificada para la Calificación de Eficiencia Energética de Edificios de Viviendas” [Mityc, 2007]

Tabla 4-1 Opciones de obtención de clase D para viviendas unifamiliares en las zonas A3, A4, B4, C3 y C4

		OPCIONES DE OBTENCIÓN DE CLASE D			
CONCEPTO		Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Envolvente térmica	Compacidad c en m	$c \geq 2$	$c \geq 2$	$c \leq 2$	$c \leq 2$
Instalación de calefacción	Rendimiento de la Bomba de calor-Aparatos Civiles	F	Todos	D	F
	Rendimiento de la Bomba de calor-Aparatos Compactos	F	Todos	C	F
	Rendimiento de la Bomba de calor-Aparatos Condens.Único	D	F	B	D
	Rendimiento de la Caldera individual	G.N. ****	G.N. Todos	LIQ/GLP **	-
	Rendimiento de la Caldera individual mixta con acumulación	G.N. ****	G.N. Todos	LIQ/GLP **	-
	Rendimiento de la Caldera individual mixta sin acumulación	-	G.N. **	-	-
	Rendimiento de la Caldera eléctrica efecto Joule	-	-	-	-
	Rendimiento del generador Aire/Aire-Aparatos Civiles	Todos	D	Todos	A
Instalación de refrigeración	Rendimiento del generador Aire/Aire-Aparatos Compactos	Todos	C	Todos	A
	Rendimiento del generador Aire/Aire-Aparatos Condens.Único	Todos	A	Todos	-
	Rendimiento de la Caldera en acumulación	Todos	Todos	Todos	Todos
Instalación de ACS	Rendimiento de la Caldera con acumulación	Todos	Todos	Todos	Todos
	Rendimiento de la Caldera eléctrica efecto Joule	Todos	Todos	Todos	Todos

5 Metodología

La evaluación de la certificación energética de los edificios estudiados se realizará mediante dos procedimientos. El primero es el método oficial para edificios residenciales, CALENER VyP (Ver 4.1.1). El segundo es la metodología CEPEC (Ver 4.1.2).

CALENER VYP, sólo evalúa, para edificios residenciales, los sistemas de calefacción, refrigeración y Agua Caliente Sanitaria (ACS). CALENER VyP no tiene en cuenta el consumo asociado a equipos instalados por el constructor como la cocina o pre-instalaciones de equipos bitérmicos. Por el contrario, CEPEC sí tiene en cuenta estos elementos de consumo. Por este motivo, se definen dos tipos de escenarios. Los primeros para CALENER VyP y los segundos para CEPEC.

La escala de certificación no es la misma para CALENER VyP y para CEPEC, así que para los escenarios CEPEC se analizarán las variaciones en las emisiones asociadas a cada escenario. Los factores de emisión serán los mismos para las dos metodologías, tomando como referencia los factores de emisión de CALENER VyP.

5.1 Definición edificios.

Los edificios evaluados cumplen con los siguientes requisitos:

Tabla 5-1 Tipologías de edificios

	Tipologías de edificios		Edificio
1	Unifamiliar		Edificio unifamiliar
2	Plurifamiliar	10 – 20 viviendas	Edificio 15 viviendas
3		30 – 50 viviendas	Edificio 44 viviendas
4		70 – 100 viviendas	Edificio 77 viviendas

Cada edificio se evalúa según una serie de escenarios en función de las fuentes de energía utilizadas (gas natural y electricidad) para cada uso (calefacción, refrigeración y ACS) y del tipo de suministro (centralizado o individual). Además, cada escenario se evalúa para cada zona climática.

Las zonas climáticas son representativas del territorio español y se han definido según el nuevo CTE en función de la severidad climática de invierno y de verano. Sólo se han considerado las zonas climáticas remarcadas en la Tabla 5-2. De esta manera están representadas todas las severidades climáticas de invierno y se limita el número de simulaciones.

Tabla 5-2 Zonas climáticas

SC (verano)	SV (invierno)			
	A4 (Almería)	A3 (Cádiz)		
	B4 (Sevilla)	B3 (Valencia)		
	C4 (Toledo)	C3 (Granada)	C2 (Barcelona)	C1 (Bilbao)
		D3 (Madrid)	D2 (Zamora)	D1 (Vitoria)
				E1 (Burgos)

Además, en los escenarios simulados con la metodología oficial, CALENER VyP, se ha considerado una variante de la zona climática C2 (Barcelona) teniendo en cuenta las limitaciones normativas del Decret d'Ecoeficiència [Decret 21/2006, 20006]. Esta normativa es de ámbito regional y es de obligado cumplimiento para los edificios de nueva construcción en Cataluña.

A continuación se presenta una imagen de cada edificio obtenida con el programa LIDER. Como ya se ha explicado anteriormente, LIDER es el programa oficial de cálculo para la evaluación del requisito DB-HE1 sobre limitación de demanda [DB – HE1, 2006]. La introducción del edificio en LIDER para evaluar la demanda energética del edificio y comprobar si cumple con este requisito para cada una de las zonas climáticas evaluadas es el paso previo y necesario antes de pasar a la calificación energética de los mismos.

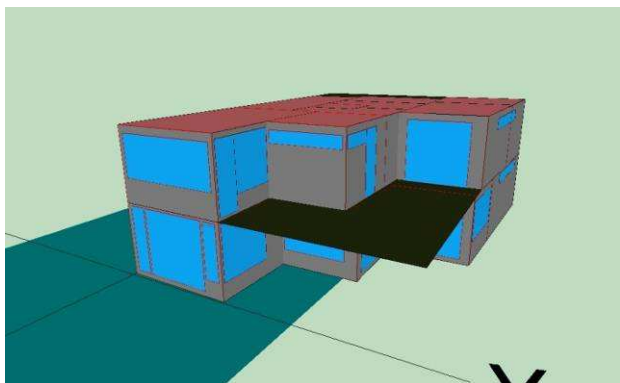


Figura 5-1 Edificio unifamiliar

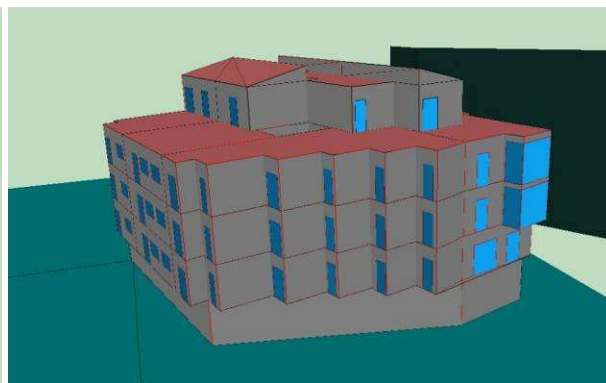


Figura 5-2 Edificio 15 viviendas

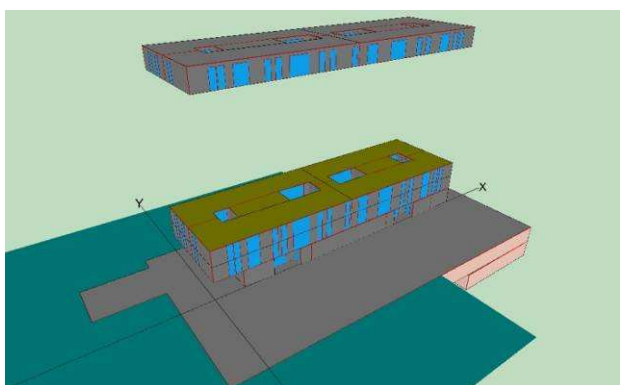


Figura 5-3 Edificio 44 viviendas

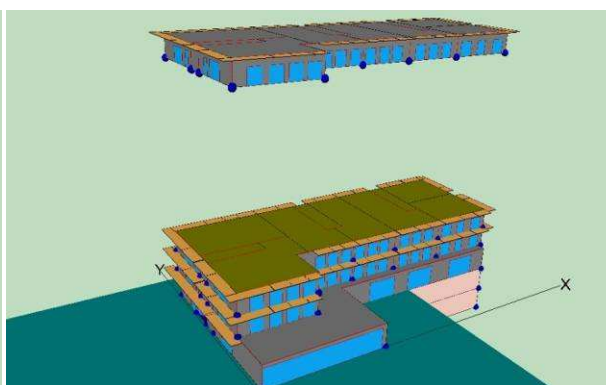


Figura 5-4 Edificio 77 viviendas

Una vez escogidos los edificios y las zonas climáticas a evaluar, hay que seleccionar la composición de los cerramientos de los edificios. Esta composición deberá ser tal que, para cada zona climática, cumpla con los límites establecidos por la normativa vigente. En el Anexo II se presentan las composiciones de cada uno de los cerramientos que definen el edificio para la zona climática C2. La composición de los cerramientos siempre es la misma, sólo cambia el espesor del aislante hasta llegar al valor de transmitancia térmica (U) requerido. Como criterio general se ha considerado que el valor de U ($\text{W/m}^2\text{K}$) de los cerramientos era un 20% menor que el valor de U límite establecido por la norma.

En la siguiente tabla se hace un resumen de las U de los cerramientos que componen la envolvente del edificio, de los espacios habitables. También se indican las U límites establecidas por la normativa en función de la zona climática.

Tabla5-3 Valores de U ($\text{W/m}^2 \text{K}$) de los cerramientos característicos de la envolvente de los espacios habitados.

Cerramiento	Zona climática							
	B4		C2		D3		E1	
	Valor	Valor límite	Valor	Valor límite	Valor	Valor límite	Valor	Valor límite
Muro exterior U ($\text{W/m}^2 \text{K}$)	0.66	0.84	0.57	0.73	0.53	0.66	0.46	0.57
Forjado exterior U ($\text{W/m}^2 \text{K}$)	0.36	0.45	0.33	0.41	0.31	0.38	0.28	0.35
Cerramiento interior ⁵ U ($\text{W/m}^2 \text{K}$)	0.61	1.2	0.61	0.95	0.61	0.85	0.61	0.74
Hueco U ($\text{W/m}^2 \text{K}$)	2.6	3.3	2.6	2.9	2.6	2.6	2.6	2.6
Factor solar	0.66	-	0.66	-	0.66	-	0.66	-

La U de los huecos depende del porcentaje de huecos y de la orientación. Se ha escogido el límite inferior, que corresponde a la orientación norte para un porcentaje de vidrio entre 20 – 30% para el edificio de 70 viviendas que es el que tiene mayor superficie vidriada. De esta forma todos los huecos estarán dentro de normativa.

En referencia al factor solar, hay que decir que para estas zonas climáticas y los porcentajes de superficie de vidrio respecto a la superficie total de fachada, no existe ninguna limitación según la normativa. [DB – HE1, 2006]. A pesar de esto, se ha tomado para todos los casos el factor solar igual a 0.66.

En el caso de la zona climática C2-Decreto ecoeficiencia, los límites normativos son los siguientes:

Tabla5-4 Valores de U ($\text{W/m}^2 \text{K}$) de los cerramientos característicos de la envolvente de los espacios habitados según el Decret 21/2006 de la Generalitat de Catalunya

Cerramiento	C2 Decreto	
	Valor	Valor límite
Muro exterior U ($\text{W/m}^2 \text{K}$)	0.56	0.7
Hueco U ($\text{W/m}^2 \text{K}$)	2.6	3.0
Factor solar para huecos de fachada sur – oeste (+/- 90°)	0.35	0.35

El Decret 21/2006 conocido como Decret d'ecoeficiència, otorga una puntuación en función de las medidas de eficiencia que se den en el edificio. En la construcción del edificio habrá que obtener una puntuación global mínima de 10 puntos mediante la utilización de alguna/s de una serie de soluciones constructivas. En concreto si los valores de las U de los cerramientos exteriores son un 20% inferiores a los límites, la puntuación es de 6. Si el valor es un 30% inferior, la puntuación es 8. Se ha considerado que los valores de U son un 20% del valor límite para seguir con el criterio utilizado con la normativa estatal.

Por último, para los escenarios CALENER VyP, se realizará un análisis económico que incluye los costes de consumo y los de instalación de cada edificio para cada zona climática y cada escenario.

⁵ En contacto con espacio no acondicionado.

5.2 Definición escenarios

En la Tabla 5-5 se definen los escenarios estudiados según metodología oficial CALENER VyP y en la Tabla 5-6 para los escenarios evaluados según metodología CEPEC.

Tabla 5-5 Escenarios CALENER VYP

Escenario	Suministro	Calefacción	Refrigeración	ACS+solar
1	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural
2	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural
3	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica
4	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica
5	Individual	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica

Tabla 5-6 Escenarios CEPEC

Escenario	Suministro	Calefacción	Refrigeración	ACS+solar	Cocina	Bitérmicos
1	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural	Gas Natural	No
2	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural	Gas Natural	No
3	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Gas Natural	No
4	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Gas Natural	No
5	Individual	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	No
6	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural	Gas Natural	Sí
7	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Gas Natural	Sí
8	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	No

Para poder evaluar la certificación energética de los edificios estudiados es necesario definir los tipos de sistemas que suministran cada uso en cada escenario. En el anexo III se especifican las características de los equipos, unidades terminales y parámetros que definen los sistemas escogidos. El criterio de selección se ha basado en los equipos más comúnmente utilizados.

También hay que decir que el % de aportación solar al sistema de Agua Caliente Sanitaria (ACS) se ha considerado el que establece el DB –HE4 del CTE en función de la energía de apoyo.[DB – HE4, 2006]

Tabla 5-7 Porcentaje de aportación solar al sistema de ACS en función de la energía de apoyo, la zona climática y la demanda de ACS.

ZONA CLIMÁTICA	UNIFAMILIAR		15 VIVIENDAS		44 VIVIENDAS		77 viviendas	
	m ² habitable	l/día	m ² habitable	l/día	m ² habitable	l/día	m ² habitable	l/día
	236	180	1415	1273	6342	5707	7954	7158
	Energía apoyo		Energía apoyo		Energía apoyo		Energía apoyo	
	GN	ELÉCT	GN	ELÉCT	GN	ELÉCT	GN	ELÉCT
B4 - (ZONA V)	70	70	70	70	70	70	70	70
C2 - (ZONA II)	30	60	30	63	30	70	45	70
D3 - (ZONA IV)	60	70	60	70	65	70	70	70
E1 - ((ZONA II)	30	60	30	63	30	70	45	70

Según el DB – HE4 del CTE, el porcentaje de las aportaciones solares para ACS depende de la demanda de ACS, de la energía de apoyo y de la zona climática. En cuanto a la zona climática, existen 5 zonas, I, II, III, IV y V. Estas zonas no son equivalentes a las que se definen en el DB-HE1 de limitación de demanda. El criterio que se ha seguido para escoger la zona climática ha sido el siguiente: se ha escogido la zona climática según DB_HE4 que le corresponde a las ciudades representativas de las zonas climáticas según DB-HE1. Así pues, para B4 (Sevilla) la zona climática es la V; Para C2 (Barcelona) la zona climática es la II; Para D3 (Madrid) la zona climática es la IV y por último, para E1 (Burgos) la zona climática es la II.

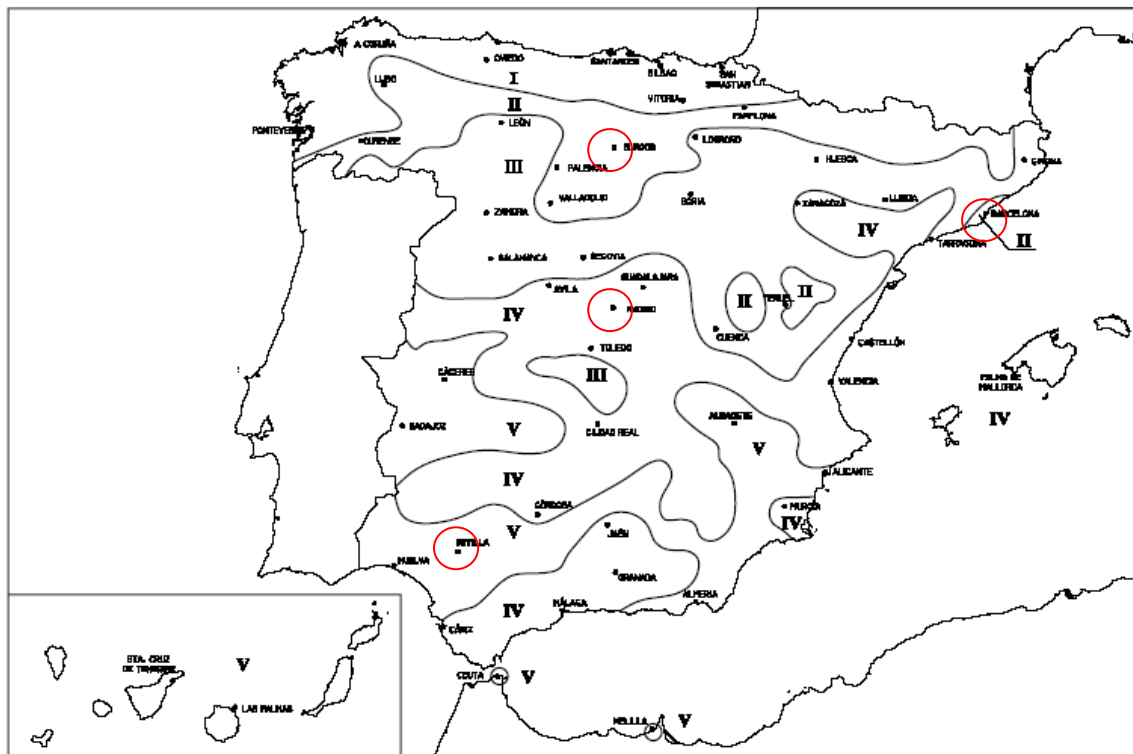


Figura 5-5 Zonas climáticas según DB-HE4

Para la zona climática C2 – Decreto ecoeficiencia , los porcentajes de aportación solar son superiores a los que marca el DB-HE4. Así, si el sistema de apoyo es eléctrico (efecto Joule) el porcentaje de aportación solar debe ser del 70% para la zona III a la que pertenece Barcelona. Si el sistema de apoyo es gas natural el porcentaje de aportación solar varía en función de la demanda de ACS. En la tabla **Tabla 5-8** Porcentaje de aportación solar al sistema de ACS en función de la energía de apoyo y la demanda de ACS según el Decret 21/2006 de la Generalitat de Catalunya para C2 (Barcelona). **Tabla 5-8** se muestran los porcentajes de contribución solar mínima en cada caso.

Tabla 5-8 Porcentaje de aportación solar al sistema de ACS en función de la energía de apoyo y la demanda de ACS según el Decret 21/2006 de la Generalitat de Catalunya para C2 (Barcelona).

	UNIFAMILIAR		15 VIVIENDAS		44 VIVIENDAS		77 viviendas	
	Energía apoyo		Energía apoyo		Energía apoyo		Energía apoyo	
ZONA CLIMÁTICA	GN	ELÉCT	GN	ELÉCT	GN	ELÉCT	GN	ELÉCT
Barcelona (Zona III según Decret d'Ecoeficiència)	50	70	50	70	55	70	65	70

De forma adicional, se evalúa la variación en la calificación energética de uno de los edificios si se modifican algunos parámetros. Estos parámetros son:

- Sustitución de la caldera de gas natural por una caldera de biomasa en el escenario 1.
- la transmitancia térmica de los cerramientos, ($U_{\text{cerramientos}} = U_{\text{límite}}$)
- el porcentaje de superficie climatizada (refrigeración).
- la mejora del COP de la bomba de calor en el escenario 5. ($\text{COP} = 3.5$)

Estas variaciones se han realizado basándose en el edificio de 44 viviendas y sólo en los dos escenarios extremos, es decir, el 1 (calefacción y ACS con gas natural) y el 5 (sólo electricidad) de Calener VyP.

Tabla 5-9 Variaciones sobre los escenarios 1 y 5 de CALENER VyP.

Escenario	Suministro	Calefacción	Refrigeración	ACS+solar
1	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural
1_biomasa	Centralizado	Biomasa	Eléctrica	Biomasa
1_Ulim	Las U de los cerramientos son exactamente las U límite establecidas en normativa. DB-HE1			
1_60% ref.	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 60% de la superficie de la vivienda			
1_65% ref.	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 65% de la superficie de la vivienda			
1_75% ref.	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 75% de la superficie de la vivienda			
5	Individual	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica
5_Ulim	Las U de los cerramientos son exactamente las U límite establecidas en normativa. DB-HE1			
5_60% ref.	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 60% de la superficie de la vivienda			
5_65% ref.	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 65% de la superficie de la vivienda			
5_75% ref.	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 75% de la superficie de la vivienda			
5_COP3.5	Mejora del COP de la bomba de calor hasta un 3.5. (El COP en el escenario 5 de la bomba de calor era 2.6)			

6 Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en los dos tipos de escenarios y por tipología de edificio.

Antes de presentar los resultados, hay que aclarar que la escala de calificación depende de la zona climática, así que más emisiones no implican necesariamente que la calificación energética sea peor si las zonas climáticas son diferentes. Además también dependen de la demanda de calefacción, refrigeración y ACS del edificio. (Ver Anexo I Escala de calificación energética para edificios residenciales). Por este motivo las escalas para los escenarios 1 y 2 pueden ser diferentes a los 3,4 y 5, si la demanda de ACS cambia porque el porcentaje de aporte solar varía en función del tipo de energía utilizada como apoyo al sistema solar y de la zona climática. (Ver Tabla 5-7). Así para la zona climática B4, la escala siempre es la misma, porque la contribución solar siempre es del 70%, pero en el resto de zonas climáticas, este porcentaje cambia y, por este motivo, la escala de calificación también.

También se ha evaluado la distribución de consumos y emisiones para los diferentes usos, es decir, calefacción, refrigeración y ACS para cada zona climática y para cada escenario.

6.1 Escenarios CALENER VYP

Para cada tipología de edificio, se presentan los resultados obtenidos en cuanto a emisiones, calificación energética y distribución de consumos y emisiones.

Los escenarios evaluados según metodología oficial CALENER VyP son:

Tabla 6-1 Escenarios según metodología CALENER VyP

Edificio	Parámetros escenario			
	Suministro	Calefacción	Refrigeración	ACS
xx_01	Centralizado	Gas Natural	Electricidad	Gas Natural
xx_02	Individual	Gas Natural	Electricidad	Gas Natural
xx_03	Centralizado	Gas Natural	Electricidad	Electricidad
xx_04	Individual	Gas Natural	Electricidad	Electricidad
xx_05	Individual	Electricidad	Electricidad	Electricidad

6.1.1 Edificio unifamiliar

En este caso, no tiene sentido diferenciar entre suministro centralizado o individual por vivienda. Así los escenarios 1,2 y 3,4 son equivalentes y por lo tanto, los resultados idénticos.

Tabla 6-2 Resultados CALENER VyP. Edificio unifamiliar. Consumo final, emisiones globales y calificación energética.

Edificio	TOTAL kWh/m ² año					TOTAL kg CO ₂ /m ² año				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1	B4	C2	C2 decret	D3	E1
Uni_01	60.00	73.20	78.00	94.30	141.90	26.10	21.30	19.80	27.20	31.30
Uni_02	60.00	73.20	78.00	94.30	141.90	26.10	21.30	19.80	27.20	31.30

Edificio	TOTAL kWh/m ² año					TOTAL kg CO ₂ /m ² año				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1	B4	C2	C2 decret	D3	E1
Uni _03	60.50	68.10	74.60	92.80	137.90	29.20	24.30	22.30	29.90	35.20
Uni _04	60.50	68.10	74.60	92.80	137.90	29.20	24.30	22.30	29.90	35.20
Uni _05	50.20	52.20	55.00	72.00	104.90	32.70	33.90	35.80	46.70	68.10

Edificio	Calificación				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1
Uni _01	D	D	C	D	C
Uni _02	D	D	C	D	C
Uni _03	E	D	D	D	C
Uni _04	E	D	D	D	C
Uni _05	E	E	E	E	E

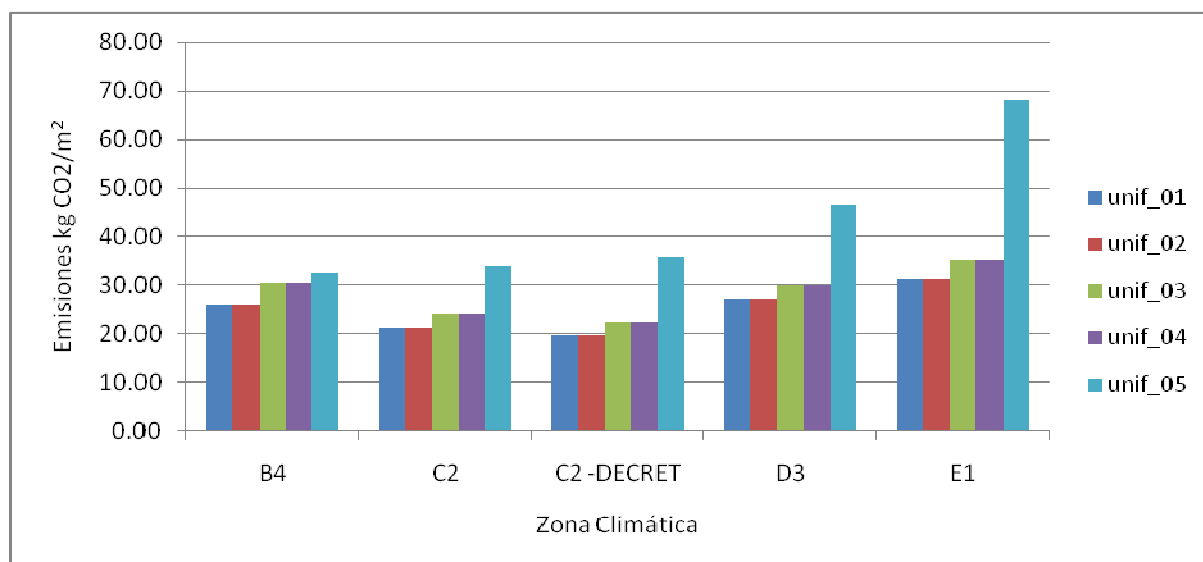


Figura 6-1 Emisiones kg CO₂ /m² según zona climática y escenario CALENER VyP. Edificio unifamiliar

La zona climática con severidad climática de invierno más extrema (E1), a pesar de tener más emisiones, tiene una clasificación energética más favorable debida, sobretudo, a la menor demanda en refrigeración. El sistema de refrigeración es eléctrico en todos los escenarios y esto penaliza a las zonas climáticas con necesidades de refrigeración.

En la Figura 6-2 y Figura 6-3 se muestra la etiqueta energética del primer y del tercer escenario, respectivamente, para todas las zonas climáticas. Es importante destacar los límites que corresponden a cada clase energética, que como se ha dicho anteriormente son diferentes para cada zona climática y también en función del tipo de energía de apoyo al sistema solar.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	26,1 D	28,9 E		21,3 D	29,4 D
Demanda calefacción kWh/m ²	C 19,6	D 32,8	Demanda calefacción kWh/m ²	C 39,5	D 55,1
Demanda refrigeración kWh/m ²	D 40,0	D 43,1	Demanda refrigeración kWh/m ²	D 15,5	E 18,6
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	B 4,8	D 10,5	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 9,5	D 17,6
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 20,0	E 16,5	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 8,9	E 7,1
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	A 1,3	D 1,9	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	A 2,9	D 4,7
Zona climática B4			Zona climática C2		
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	27,2 D	36,6 D		31,3 C	50,5 D
Demanda calefacción kWh/m ²	D 61,3	D 76,8	Demanda calefacción kWh/m ²	D 112,8	D 135,1
Demanda refrigeración kWh/m ²	D 21,3	E 24,4	Demanda refrigeración kWh/m ²	-	-
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 14,4	D 24,6	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 26,0	D 43,2
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 11,0	E 9,3	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	-	-
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	A 1,8	D 2,7	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	A 3,1	D 5,1
Zona climática D3			Zona climática E1		

Figura 6-2 Etiqueta energética Edificio unifamiliar. Escenario 1.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	29,2 E	28,9 E		24,3 D	27,4 D
Demanda calefacción kWh/m ²	C 19,6	D 32,8	Demanda calefacción kWh/m ²	C 39,5	D 55,1
Demanda refrigeración kWh/m ²	D 40,0	D 43,1	Demanda refrigeración kWh/m ²	D 15,5	E 18,6
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 5,0	D 10,5	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 9,8	D 17,6
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 20,0	E 16,5	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 8,9	E 7,1
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 4,2	D 1,9	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 5,6	D 2,7
Zona climática B4			Zona climática C2		

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	29.9 D	35.9 D		35.2 C	48.3 D
Demanda calefacción kWh/m ²	D 61,3	D 76,8	Demanda calefacción kWh/m ²	D 112,8	D 135,1
Demanda refrigeración kWh/m ²	D 21,3	E 24,4	Demanda refrigeración kWh/m ²	-	-
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 15,0	D 24,6	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 27,0	D 43,2
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 11,0	E 9,3	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	-	-
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 3,9	D 2,0	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 6,0	D 2,9
Zona climática D3			Zona climática E1		

Figura 6-3 Etiqueta energética Edificio unifamiliar. Escenario 3.

En cuanto al análisis de los escenarios estudiados, como se ha dicho anteriormente, en el caso del edificio unifamiliar no tiene sentido separar el suministro centralizado y el individual, por este motivo los resultados para los escenarios 1-2 y 3-4 son idénticos. En cualquier caso las emisiones asociadas a los escenarios 3 – 4 (sistema de apoyo a ACS eléctrico) son superiores a los escenarios 1-2 (sistema de apoyo a ACS gas natural). En la zona climática B4, si se observa un cambio en la calificación, pasando de D a E. Pero en las zonas climáticas C2, D3 y E1, no hay cambio en la letra de calificación energética. Los 4 escenarios corresponden a una letra D en C2 y D3 y C en E1.

Como se verá en el resto de edificios estudiados, las zonas climáticas con severidad más extrema en invierno tienen mejor calificación que el resto, por no tener consumo en refrigeración.

En el caso de la zona climática C2 – Decret se observa como las emisiones son ligeramente inferiores a la zona climática C2. Por este motivo la calificación en los escenarios 1 y 2 mejora, pasando de una D a una C. Esto se explica por la disminución en el consumo de refrigeración, gracias al menor factor solar de las ventanas situadas en las fachadas sur y oeste. El consumo en calefacción aumenta, por el mismo motivo, pero, en este caso el descenso del consumo en refrigeración es superior al aumento en calefacción. Además el consumo de ACS también es menor por el mayor porcentaje de aportación solar.

El peor de los escenarios, en todas las zonas climáticas, es el escenario 5, en el que toda la energía consumida es eléctrica. En este caso, la diferencia de emisiones es suficiente como para saltar de escala, todas las zonas climáticas obtienen una E como calificación energética.

En la siguiente figura se muestra la distribución de consumo de energía final por usos. Los gráficos de distribución de emisiones son equivalentes a los de energía primaria. Como no existen grandes diferencias en ninguno de los edificios, entre los sistemas centralizados e individuales, sólo se presentarán los escenarios 1, 3 y 5.



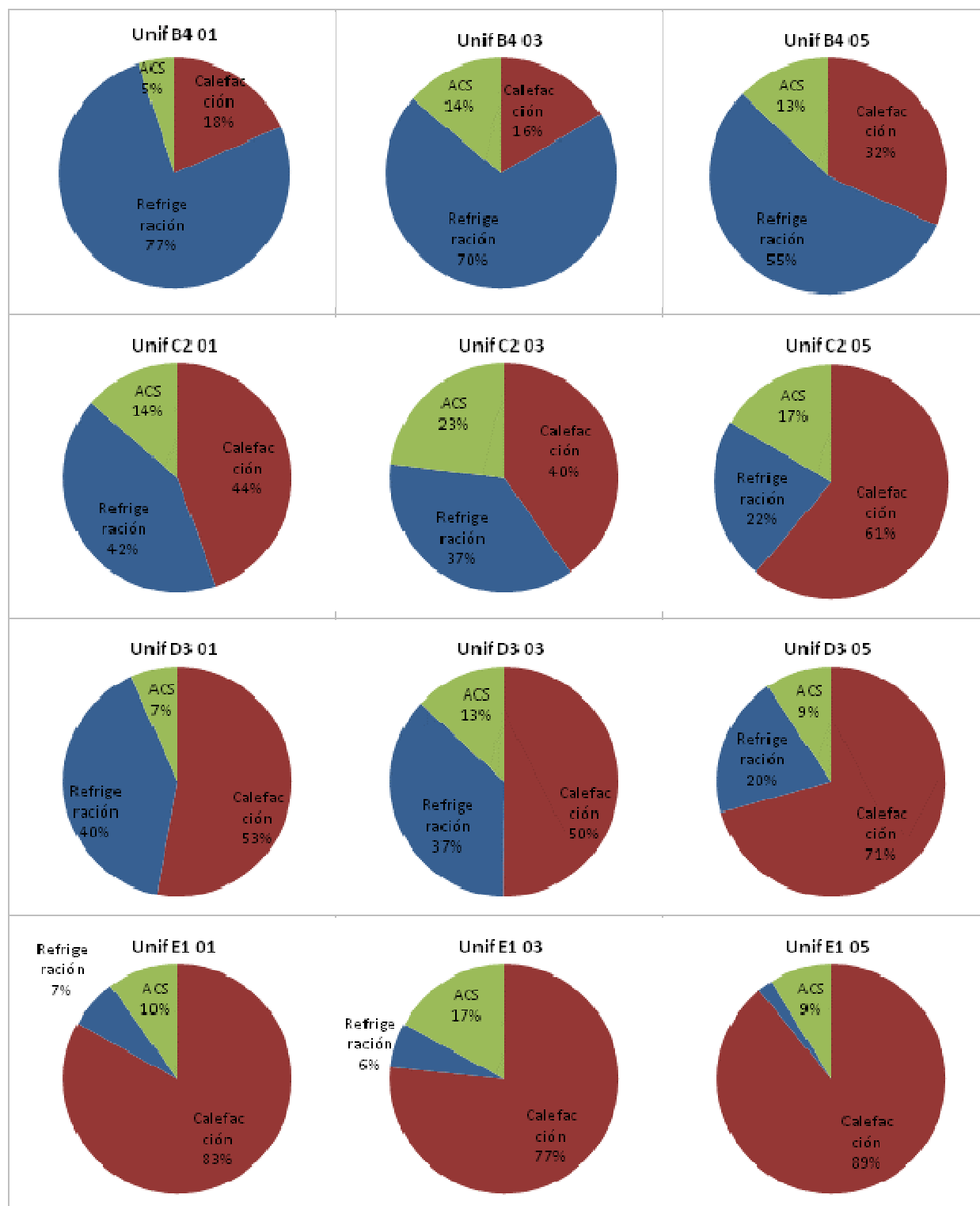
Unif: unifamiliar; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-4 Distribución de consumos por usos. Escenarios CALENER VyP. Edificio unifamiliar

El porcentaje de consumo relativo a la calefacción aumenta con la severidad climática de invierno, y está situado entre un 32 % en la zona climática B4 y un 90 % en la zona climática E1. El porcentaje del ACS varía en función del escenario, si la energía de apoyo es gas natural el consumo en energía final es mayor que si la energía es eléctrica. Además se puede observar como el consumo en

refrigeración es especialmente elevado para la zona climática B4, siendo, aproximadamente, de un 50% en todos los escenarios.

En la siguiente figura se muestra la distribución de emisiones de energía final por usos



Unif: unifamiliar; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-5 Distribución de emisiones de CO₂ por usos. Escenarios CALENER VyP. Edificio unifamiliar

Se puede observar que al pasar los resultados a emisiones, evidentemente, el peso de la refrigeración es mayor. Siendo incluso del 77 % en el escenario 1 de la zona climática B4. Esto es debido a que el sistema de refrigeración es eléctrico, y el factor de emisión kg CO₂ / kWh eléctrico consumido que utiliza la metodología CALENER VyP, según el mix energético español es 0.65, mientras que el factor de emisión kg CO₂ / kWh consumido de gas natural es 0.21.

En el resto de zonas climáticas, la calefacción supone el uso más importante para todos los escenarios, siendo mayor cuanto mayor es la severidad climática en invierno.

El porcentaje relativo a ACS es mayor en los escenarios que consideran sistemas termoeléctricos para el ACS. El porcentaje de ACS se sitúa entre un 5 y un 23% en función del escenario y de la zona climática.

6.1.2 Edificio 15 viviendas

En la Tabla 6-3 se presentan los resultados del edificio de 15 viviendas.

Tabla 6-3 Resultados CALENER VyP. Edificio 15 viviendas Consumo final, emisiones globales y calificación energética.

Edificio	TOTAL kWh/m ² año					TOTAL kg CO ₂ /m ² año				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1	B4	C2	C2 decret	D3	E1
15_01	39.90	59.50	59.80	77.90	122.10	13.30	12.80	12.60	18.80	25.10
15_02	40.00	57.20	58.70	75.20	119.50	13.30	12.30	12.40	17.70	24.80
15_03	39.60	52.10	55.20	73.30	114.00	15.70	14.20	14.20	19.80	26.70
15_04	39.60	52.10	55.20	77.00	114.10	15.70	14.20	14.20	20.60	26.70
15_05	29.00	32.20	33.40	48.10	69.40	18.50	20.20	20.90	30.30	43.30

Edificio	Calificación				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1
15_01	D	C	C	D	C
15_02	D	C	C	D	C
15_03	D	D	D	D	D
15_04	D	D	D	D	D
15_05	E	E	E	E	E

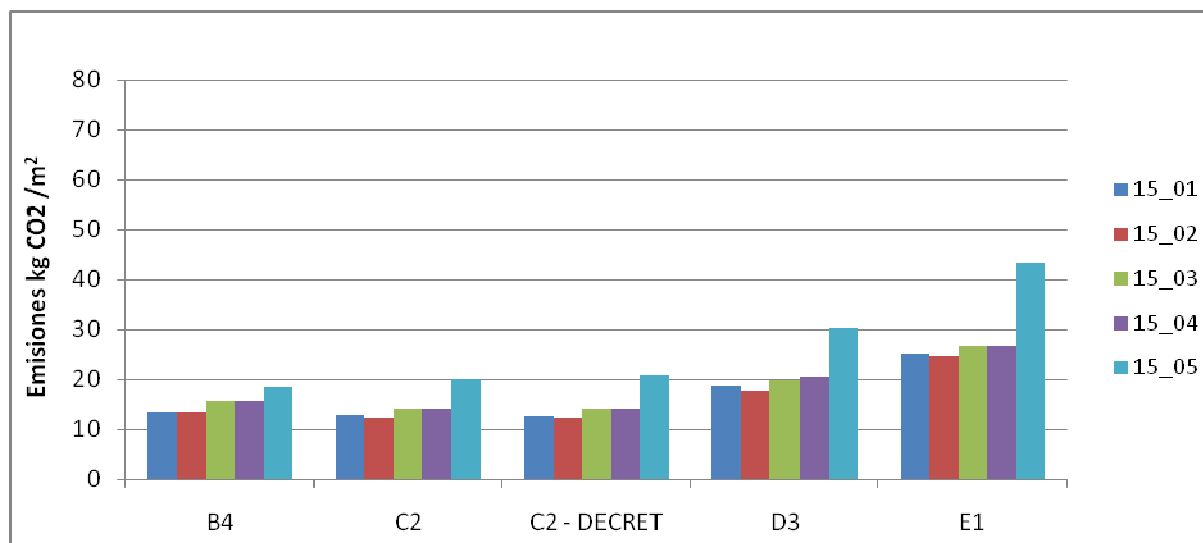


Figura 6-6 Emisiones kg CO₂ /m² según zona climática y escenario CALENER VyP. Edificio 15 viviendas

Como se puede ver en la Figura 6-6, las emisiones aumentan con la severidad climática de invierno, debido al incremento en la demanda de calefacción. En el caso de B4, el menor consumo en calefacción se ve compensado por el mayor consumo en refrigeración. Esto hace que las emisiones sean muy similares a las de la zona climática C2, en los escenarios 1, 2, 3 y 4.

Por otro lado, las emisiones por m² son inferiores a las de la vivienda unifamiliar (hasta un 49% para la zona climática B4). Esto es lógico, ya que la vivienda unifamiliar tiene más superficie de envolvente (muros exteriores y cubierta) por m² habitado. Esto implica más demanda energética por unidad de superficie habitada, ya que las pérdidas y las ganancias térmicas son superiores, en el caso de la vivienda unifamiliar.

En cuanto al análisis de los escenarios estudiados, las emisiones asociadas a los escenarios con suministro de calefacción centralizado o individual son muy similares. No se aprecian diferencias significativas. Como en el caso de la vivienda unifamiliar, las emisiones asociadas a los escenarios 3 – 4 (sistema de apoyo a ACS eléctrico) son superiores a los escenarios 1-2 (sistema de apoyo a ACS gas natural). La calificación para los escenarios 1 y 2 es una C en las zonas climáticas C2, C2 decreto y E1. Para las zonas climáticas B4 y la D3, la calificación es una D. En el caso de la zona climática B4, el consumo en refrigeración penaliza la calificación final, ya que la energía utilizada para satisfacer la demanda de refrigeración es la electricidad. Las emisiones asociadas al escenario 1 y 2 de la zona climática D3 (17.7) corresponden a una calificación de D sólo por 4 décimas (Ver Figura 6-7). Esto implica que una pequeña mejora en la demanda o en la eficiencia de los equipos, haría que el edificio pudiera pasar a una C.

En la zona climática C2-Decret las emisiones son muy similares a las obtenidas en la zona climática C2. En este caso el aumento en el consumo de calefacción se ve compensado por la disminución en la refrigeración y en ACS. A pesar de este aumento en las emisiones, la calificación obtenida en C2 y C2-Decret es la misma para todos los escenarios.

El peor de los escenarios, en todas las zonas climáticas, es el escenario 5, en el que toda la energía consumida es eléctrica, tanto para la climatización, mediante bomba de calor aire-aire, como en el agua caliente sanitaria (sistema termoeléctrico). (Ver en Anejo III las características de los sistemas utilizados). En este caso, la diferencia de emisiones es suficiente como para saltar de escala, todas las zonas climáticas obtienen una E como calificación energética. En la Figura 6-7 y Figura 6-8 se pueden ver las etiquetas para todas las zonas climáticas y para los escenarios 1 y 3 respectivamente.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	13.3 D	19.6 E		12.8 C	20.7 D
Demanda calefacción kWh/m ²	D 18.1	E 27.7	Demanda calefacción kWh/m ²	D 36.4	E 47.4
Demanda refrigeración kWh/m ²	C 15.4	D 24.3	Demanda refrigeración kWh/m ²	A 0.9	C 5.6
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 4.7	E 8.9	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	D 9.3	E 15.2
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 7.4	E 9.3	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	B 0.6	D 2.1
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	C 1.2	D 1.4	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	C 2.9	D 3.4
Zona climática B4			Zona climática C2		
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	18.8 D	24.9 D		25.3 C	38.6 D
Demanda calefacción kWh/m ²	D 52.0	D 64.6	Demanda calefacción kWh/m ²	D 92.1	D 109.0
Demanda refrigeración kWh/m ²	B 4.8	C 9.1	Demanda refrigeración kWh/m ²	-	-
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	D 13.2	E 20.6	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 22.2	D 34.9
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 3.9	C 2.3	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	-	-
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	C 1.7	D 2.0	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	C 3.1	D 3.7
Zona climática D3			Zona climática E1		

Figura 6-7 Etiqueta energética Edificio 15 viviendas. Escenario 1.

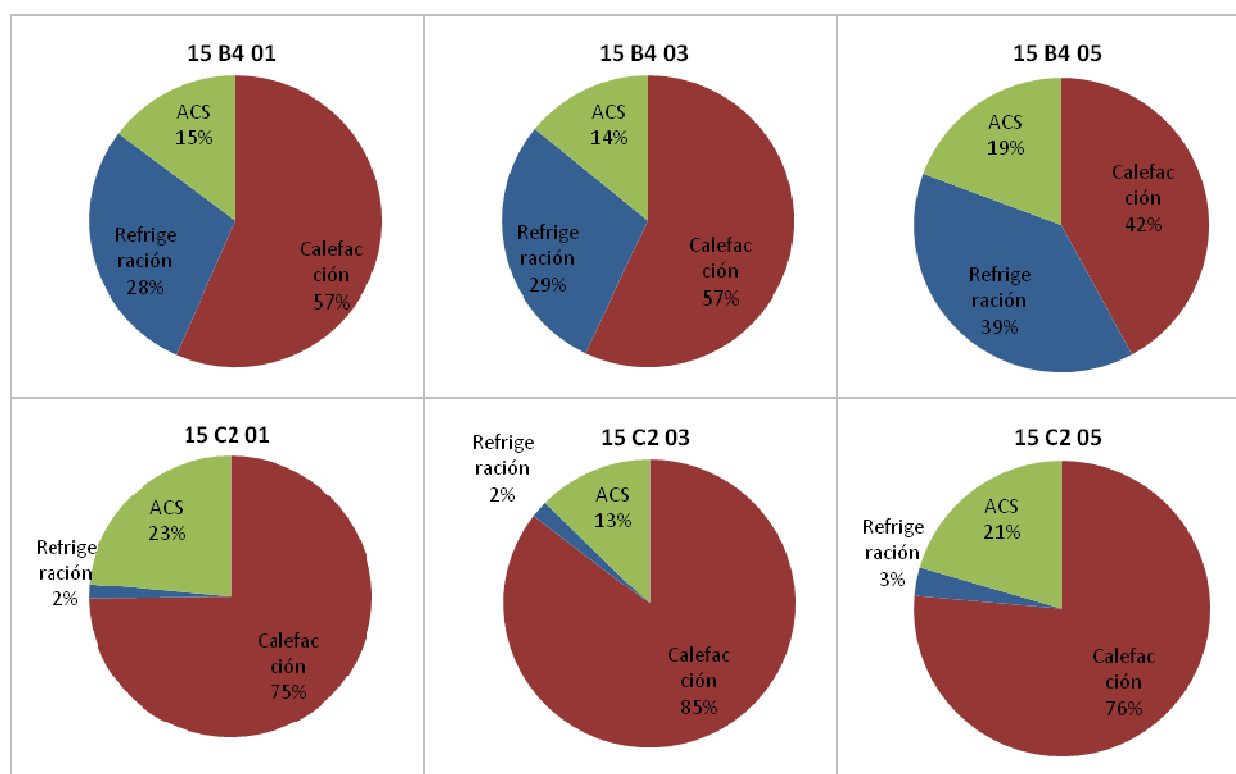
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	15.7 D	19.6 E		14.2 D	19.1 E
Demanda calefacción kWh/m ²	D 18.1	E 27.7	Demanda calefacción kWh/m ²	D 36.4	E 47.4
Demanda refrigeración kWh/m ²	C 15.4	D 24.3	Demanda refrigeración kWh/m ²	A 0.9	C 5.6
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 4.7	E 8.9	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	D 9.3	E 15.2
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 7.4	E 9.3	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	B 0.6	D 2.1
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 3.6	D 1.4	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 4.3	D 1.8
Zona climática B4			Zona climática C2		

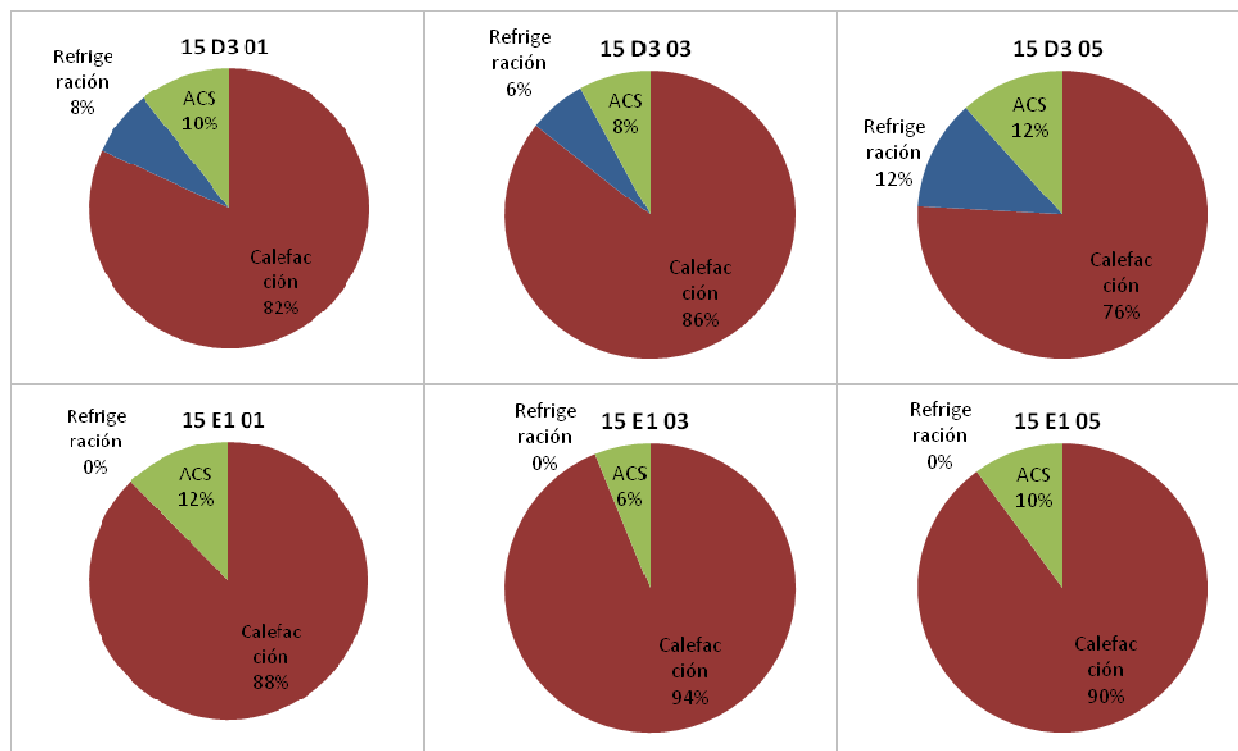
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	19.8 D	25.8 D	26.7 D	36.9 D	
Demanda calefacción kWh/m ²	D 52.5	D 65.1	D 92.1	D 109.0	
Demanda refrigeración kWh/m ²	B 4.8	C 9.2	-	-	
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	D 13.0	E 20.8	C 22.2	D 34.9	
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 3.1	D 3.5	-	-	
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 3.7	D 1.5	E 4.5	D 2.0	
Zona climática D3			Zona climática E1		

Figura 6-8 Etiqueta energética Edificio 15 viviendas. Escenario 3.

Se observa que la calificación de C para la zona climática C2, en el escenario 1, está en el límite superior y la D para la zona climática D3 está en el límite inferior. Así que, una pequeña variación en la demanda o en los sistemas podría hacer saltar de escala de calificación.

En la Figura 6-9 y Figura 6-10 se muestra la distribución de consumo de energía final por usos y la distribución de emisiones por usos respectivamente.





15: 15 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

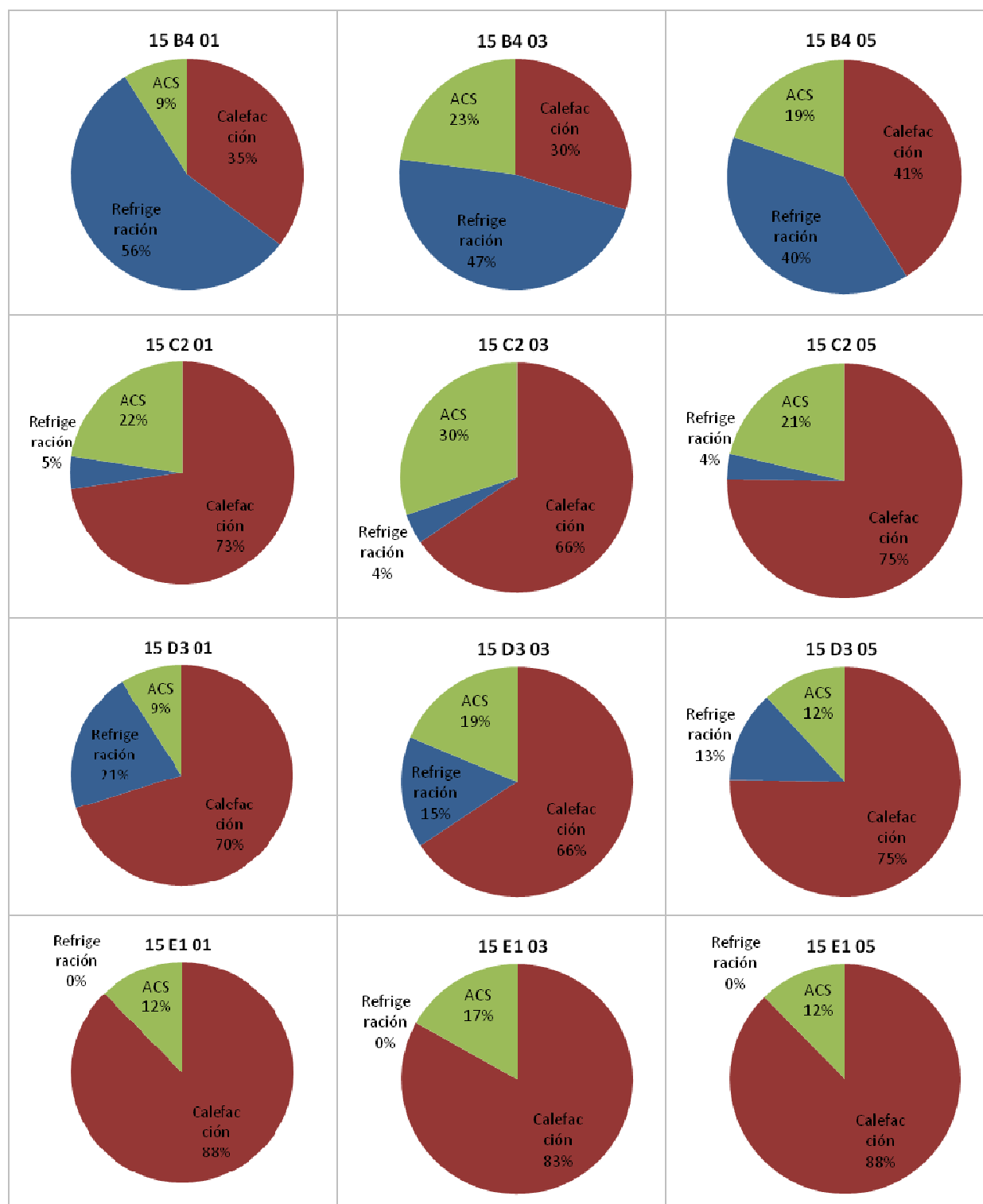
Figura 6-9 Distribución de consumos por usos. Escenarios CALENER VyP. Edificio 15 viviendas

Evidentemente, el porcentaje de consumo relativo a la calefacción aumenta con la severidad climática de invierno, y está situado entre un 57 % en la zona climática B4 y un 94 % en la zona climática E1. El porcentaje del ACS varía en función del escenario, si la energía de apoyo es gas natural el consumo en energía final es mayor que si la energía es eléctrica. El porcentaje de ACS se sitúa entre un 6 y un 23% en función del escenario para la zona climática E1 y B4 respectivamente. En las zonas climáticas con mayor severidad en invierno, el peso del ACS disminuye, por este motivo los cambios en los sistemas de ACS no tienen tanta influencia en las emisiones globales ni en la calificación final.

Además se puede observar como el consumo en refrigeración es especialmente elevado para la zona climática B4, llegando hasta el 39% en el escenario 5.

Hay que decir que este edificio da resultados un tanto anómalos para la zona climática C2, ya que la demanda y por lo tanto el consumo en refrigeración es prácticamente nulo. Esto no concuerda con el resto de edificios. El porcentaje de refrigeración en el consumo global del edificio de este edificio es menor que para los edificios de 44 y 77 viviendas. La particular forma de este edificio (Ver Figura 5-2), cuya compacidad es mucho menor que en los otros edificios, hace que la distribución en la demanda y el consumo de este edificio sea diferente al resto.

En la siguiente figura se muestra la distribución de emisiones de energía final por usos



15: 15 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-10 Distribución de emisiones de CO₂ por usos. Escenarios CALENER VyP. Edificio 15 viviendas

Se puede observar que al pasar los resultados a emisiones, el peso de la refrigeración es mayor, siendo incluso del 56 % en la zona climática B4. En el resto de zonas climáticas, la calefacción supone el uso más importante para todos los escenarios, siendo mayor cuanto mayor es la severidad climática en invierno. El peso del ACS aumenta cuando la energía de apoyo es eléctrica (escenarios 3 y 5), siendo incluso del 30% en la zona climática C2.

6.1.3 Edificio 44 viviendas

En la Tabla 6-4 se presentan los resultados del edificio de 44 viviendas.

Tabla 6-4 Resultados CALENER VyP. Edificio 44 viviendas Consumo final, emisiones globales y calificación energética.

Edificio	TOTAL kWh/m ² año					TOTAL kg CO ₂ /m ² año				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1	B4	C2	C2 decret	D3	E1
44_01	30.80	46.00	48.80	61.00	104.00	12.50	12.40	12.30	16.50	22.60
44_02	30.80	44.00	47.90	64.10	101.40	12.40	11.90	12.00	17.00	21.90
44_03	30.30	38.50	45.30	58.40	94.90	14.30	12.60	13.40	17.70	22.70
44_04	30.50	38.70	45.50	58.60	95.10	14.40	12.70	13.50	17.80	22.80
44_05	25.10	26.20	28.70	38.70	56.70	15.10	14.80	16.30	21.90	31.40

Edificio	Calificación				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1
44_01	D	C	C	C	C
44_02	D	C	C	C	C
44_03	D	D	D	D	C
44_04	D	D	D	D	C
44_05	D	D	D	D	D

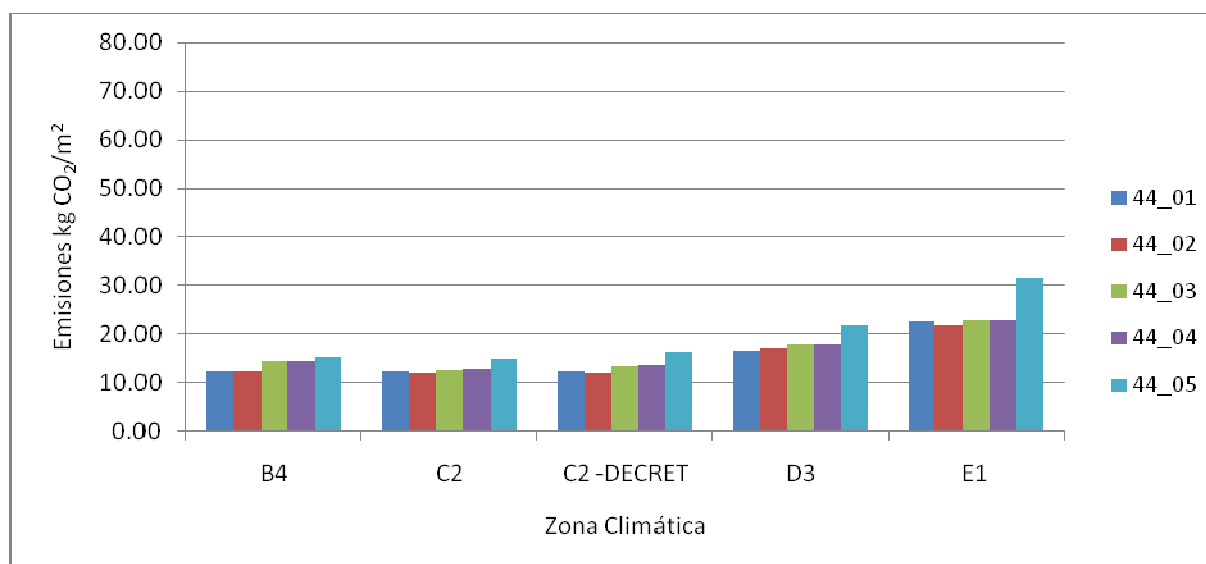


Figura 6-11 Emisiones kg CO₂ /m² según zona climática y escenario CALENER VyP. Edificio 44 viviendas

Al igual que en los edificios anteriores, las emisiones aumentan con la severidad climática de invierno, debido al incremento en la demanda de calefacción. En el caso de la zona climática B4, el menor consumo en calefacción se ve compensado por el mayor consumo en refrigeración. Esto hace que las

emisiones sean muy similares a las de la zona climática C2 e incluso superiores.

Las emisiones por m^2 son inferiores a las del edificio de 15 viviendas (entre un 3 y un 28% en función de la zona climática y del escenario). Como ya se ha explicado, la demanda energética por unidad de superficie habitada es menor ya que la superficie de la piel del edificio por m^2 habitado es menor y por lo tanto, las pérdidas y las ganancias térmicas también son menores que en el caso del edificio de 15 viviendas o en la vivienda unifamiliar.

En cuanto al análisis de los escenarios estudiados, las emisiones asociadas a los escenarios con suministro de calefacción centralizado o individual son muy similares. No se aprecian diferencias significativas, sobretudo en el caso de los escenarios 3 y 4. En los escenarios 1 y 2, se aprecia una ligera mejoría en las instalaciones centralizadas para todas las zonas climáticas excepto para la zona climática E1.

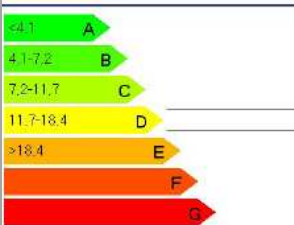
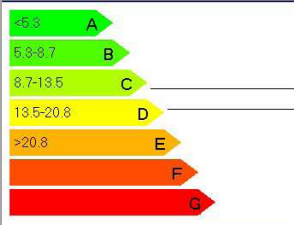
Como en el caso de los edificios anteriores, las emisiones asociadas a los escenarios 3 – 4 (sistema de apoyo a ACS eléctrico) son superiores a los escenarios 1-2 (sistema de apoyo a ACS gas natural). En los escenarios 1 y 2, todas las zonas climáticas obtienen calificación C, excepto B4, que obtiene una D. Esto es debido a la mayor demanda en refrigeración. El sistema de refrigeración es de expansión directa sólo frío eléctrico, y esto, como se ha dicho anteriormente, penaliza a las zonas climáticas con mayor necesidad de refrigeración.

Los escenarios 3 y 4 obtienen una calificación D para todas las zonas climáticas, excepto para la E1 que obtiene una C. Ya se ha dicho anteriormente que esta zona climática no tiene demanda en refrigeración. Además, en las zonas climáticas con mayor severidad en invierno, el peso en el consumo final de la calefacción es muy superior a la de la demanda de ACS (Ver Figura 6-14). Por lo tanto, los cambios en los sistemas de ACS no tienen tanta influencia en el consumo final, y por lo tanto, tampoco en las emisiones finales.

El escenario 5, aunque es el que tiene mayor cantidad de emisiones por m^2 y continúa siendo el peor de los escenarios en todas las zonas climáticas, éste obtiene una calificación de D, igual que los escenarios 3 y 4. En este caso, la diferencia de emisiones no es suficiente como para saltar de escala.

En la zona climática C2 Decret las emisiones son ligeramente superiores a las obtenidas en la zona climática C2. En este caso la reducción en el consumo de refrigeración y ACS no es suficiente para compensar el aumento en el consumo de calefacción. A pesar de este aumento en las emisiones, la calificación obtenida en C2 y C2-Decret es la misma para todos los escenarios.

En la Figura 6-12 se muestra la etiqueta energética del primer escenario para todas las zonas climáticas. Es importante destacar los límites que corresponden a cada clase energética, que como se ha dicho anteriormente son diferentes para cada zona climática.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
					
	12,5 D	17,8 D		12,4 C	16,2 D
Demanda calefacción kWh/m ²	C 10,2	C 14,4	Demanda calefacción kWh/m ²	C 23,4	D 27,1
Demanda refrigeración kWh/m ²	D 27,6	D 30,8	Demanda refrigeración kWh/m ²	D 9,6	D 10,7
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	B 2,9	C 4,6	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 6,6	D 8,7
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 8,6	E 11,8	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 3,4	E 4,1
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 1,0	D 1,4	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 2,4	D 3,4

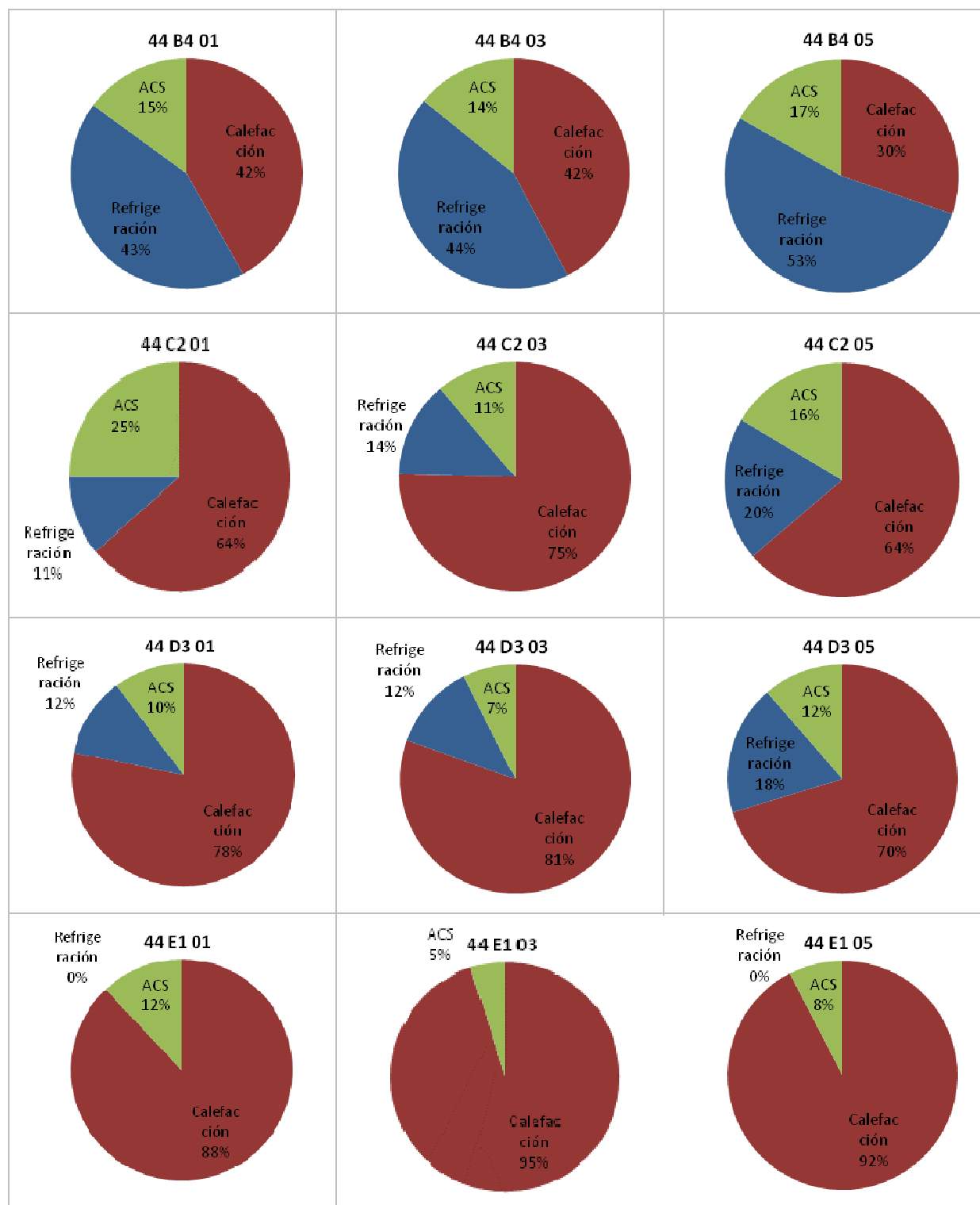
Zona climática B4			Zona climática C2		
Certificación Energética de Edificios	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios	Edificio Objeto	Edificio Referencia
Indicador kgCO ₂ /m ²			Indicador kgCO ₂ /m ²		
	16.5 C	21.3 D		22.6 C	29.5 D
Demanda calefacción kWh/m ²	C 39.0	D 42.1	Demanda calefacción kWh/m ²	D 76.5	D 80.7
Demanda refrigeración kWh/m ²	D 14.4	E 15.9	Demanda refrigeración kWh/m ²	-	-
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 10.6	D 13.5	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 20.1	D 25.8
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 4.6	E 6.1	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	-	-
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 1.3	D 1.7	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	A 2.5	D 3.7
Zona climática D3			Zona climática E1		

Figura 6-12 Etiqueta energética Edificio 44 viviendas. Escenario 1.

Zona climática B4			Zona climática C2		
Certificación Energética de Edificios	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios	Edificio Objeto	Edificio Referencia
Indicador kgCO ₂ /m ²			Indicador kgCO ₂ /m ²		
	14.3 D	17.8 D		12.6 D	14.3 D
Demanda calefacción kWh/m ²	C 10,2	C 14,4	Demanda calefacción kWh/m ²	C 23,4	D 27,1
Demanda refrigeración kWh/m ²	D 27,7	D 30,8	Demanda refrigeración kWh/m ²	D 9,6	D 10,7
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	B 2,9	C 4,6	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 6,4	D 8,7
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 8,6	E 11,8	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 3,4	E 4,1
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 2,8	D 1,4	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 2,8	D 1,5
Zona climática B4			Zona climática C2		
Certificación Energética de Edificios	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios	Edificio Objeto	Edificio Referencia
Indicador kgCO ₂ /m ²			Indicador kgCO ₂ /m ²		
	17.7 D	20.9 D		22.7 C	27.4 D
Demanda calefacción kWh/m ²	C 38,7	D 41,6	Demanda calefacción kWh/m ²	D 76.5	D 80.7
Demanda refrigeración kWh/m ²	D 14,4	E 15,9	Demanda refrigeración kWh/m ²	-	-
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 10,3	D 13,3	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 19.7	D 25.8
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	E 4,6	E 6,1	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	-	-
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 2,8	D 1,5	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 3.0	D 1.6
Zona climática D3			Zona climática E1		

Figura 6-13 Etiqueta energética Edificio 44 viviendas. Escenario 3.

En la Figura 6-14 se muestra la distribución de consumo de energía final por usos.



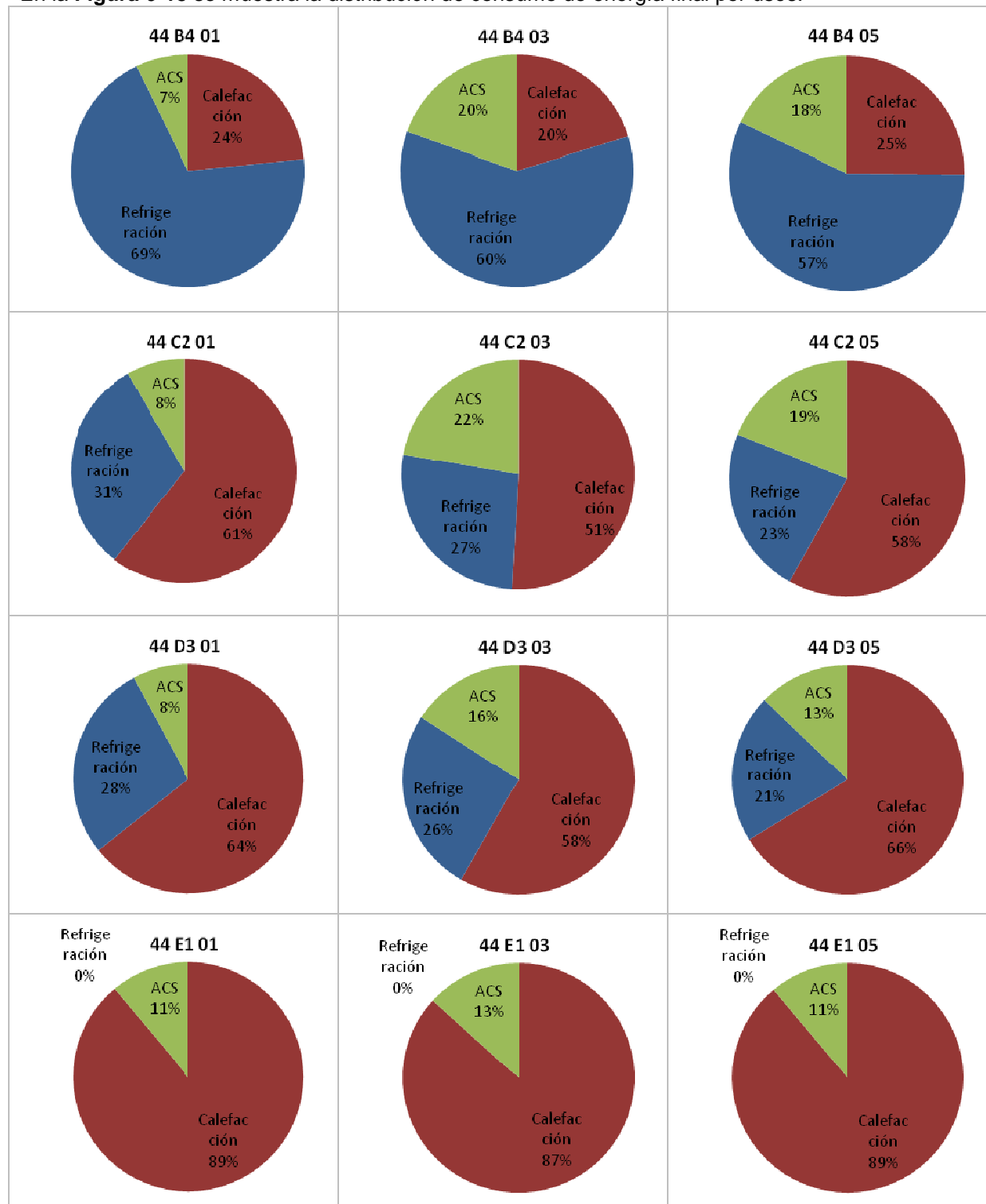
44: 44 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-14 Distribución de consumos por usos. Escenarios CALENER VyP. Edificio 44 viviendas

Evidentemente, en este edificio, también el porcentaje de consumo relativo a la calefacción aumenta con la severidad climática de invierno, y está situado entre un 42 % en la zona climática B4 y un 95 % en la zona climática E1.

El porcentaje del ACS varía entre un 5 y un 17% función de la zona climática y del escenario. El porcentaje de ACS es menor para las zonas con mayor demanda en calefacción. Además se puede observar, al igual que en el resto de edificios, como el consumo en refrigeración es especialmente elevado para la zona climática B4, llegando hasta el 53% en el escenario 5.

En la **Figura 6-15** se muestra la distribución de consumo de energía final por usos.



44: 44 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-15 Distribución de emisiones de CO₂ por usos. Escenarios CALENER VyP. Edificio 44 viviendas

En cuanto a las emisiones, se observa que el peso de la refrigeración es mayor, siendo incluso del 69 % en la zona climática B4 para el escenario 1. En el resto de zonas climáticas, la calefacción supone el uso más importante para todos los escenarios, siendo mayor cuanto mayor es la severidad climática en invierno. El peso del ACS aumenta cuando la energía de apoyo es electricidad (escenarios 3 y 5), siendo incluso del 22 % en la zona climática C2.

6.1.4 Edificio 77 viviendas

Los resultados obtenidos para los distintos escenarios se indican en la Tabla 6-5:

Tabla 6-5 Resultados CALENER VyP. Edificio 77 viviendas Consumo final, emisiones globales y calificación energética.

Edificio	TOTAL kWh/m ² año					TOTAL kg CO ₂ /m ² año				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1	B4	C2	C2 decret	D3	E1
77_01	30.60	42.10	45.00	54.10	94.20	12.00	10.90	10.70	13.80	19.60
77_02	31.50	42.20	46.40	56.10	93.50	12.20	10.90	11.20	14.20	19.80
77_03	30.10	38.40	44.20	56.40	93.40	14.20	12.40	13.10	16.70	22.40
77_04	30.50	37.60	44.70	54.50	88.00	14.50	12.40	13.40	16.40	21.20
77_05	25.70	26.80	30.00	38.50	57.90	16.50	16.10	18.10	23.20	34.50

Edificio	Calificación				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1
77_01	D	C	C	C	C
77_02	D	C	C	C	C
77_03	D	D	D	C	C
77_04	D	D	D	C	C
77_05	D	D	E	D	D

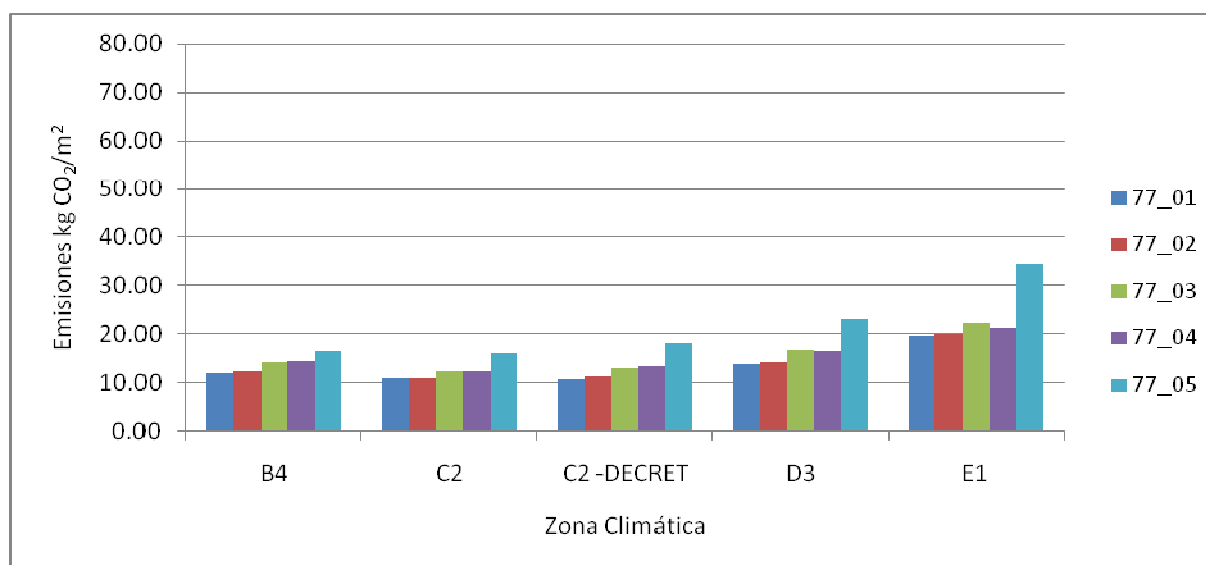


Figura 6-16 Emisiones kg CO₂ /m² según zona climática para cada escenario CALENER VyP. Edificio 77 viviendas

Al igual que en los edificios anteriores, las emisiones aumentan con la severidad climática de invierno, debido al incremento en la demanda de calefacción. En el caso de B4, el menor consumo en calefacción se ve compensado por el mayor consumo de refrigeración (Ver Figura 6-19). Esto hace que las emisiones sean muy similares a las de la zona climática C2 o incluso ligeramente superiores.

Las emisiones por m^2 son, en general, inferiores a las del edificio de 44 viviendas. De nuevo, la demanda energética por unidad de superficie habitada es menor ya que la superficie de la piel del edificio por m^2 habitado es menor y por lo tanto, las pérdidas y las ganancias térmicas también son menores que en el caso del edificio de 44,15 viviendas o la vivienda unifamiliar. En la zona climática E1 la reducción respecto al de 44 viviendas puede ser de hasta el 29%.

En cuanto al análisis de los escenarios estudiados, las emisiones asociadas a los escenarios con suministro de calefacción centralizado o individual son muy similares. No se aprecian diferencias significativas, sobretodo en el caso de los escenarios 3 y 4. En los escenarios 1 y 2, se aprecia una ligera mejoría en las instalaciones centralizadas.

Como en el caso de los edificios anteriores, las emisiones asociadas a los escenarios 3 – 4 (sistema de apoyo a ACS eléctrico) son superiores a los escenarios 1-2 (sistema de apoyo a ACS gas natural). En los escenarios 1 y 2, todas las zonas climáticas obtienen calificación C, excepto B4, que obtiene una D. Aunque se puede observar que obtiene esta calificación sólo por 3 décimas, el límite superior de la calificación C es 11.7 y el edificio genera $12 \text{ kg CO}_2/m^2 \text{ año}$

Los escenarios 3 y 4 obtienen una calificación D para las zonas climáticas B4, C2 y C2 -Decret, para las zonas climáticas con mayor severidad en invierno D3 y E1 obtienen una C. Como se ha explicado en el caso del edificio de 44 viviendas, en estas zonas climáticas la demanda de calefacción tiene mucho más peso que la demanda de ACS, esto hace que la variación en las emisiones asociadas a la generación de la electricidad para satisfacer la demanda de ACS tenga una influencia menor en las emisiones globales.

En este caso, la zona climática D3 también salta a una calificación de C porque el edificio es más eficiente que el de 44 viviendas. Los cerramientos y los sistemas son los mismos en todas las zonas climáticas y para todos los edificios plurifamiliares, así que la única diferencia es la tipología de edificio. Como se ha dicho en repetidas ocasiones, la demanda por unidad de superficie habitada es menor cuanto más m^2 habitados hay. Así que, el consumo, si se consideran los mismos equipos, también es menor y por tanto también las emisiones. La reducción es lo suficientemente significativa como para cambiar de escala de calificación.

Igual que en el caso del edificio de 44 viviendas, el escenario 5, aunque es el que tiene mayor cantidad de emisiones por m^2 y continúa siendo el peor de los escenarios en todas las zonas climáticas, obtiene una calificación de D, igual que los escenarios 3 y 4. En este caso, la diferencia de emisiones no es suficiente para saltar de escala.

En la zona climática C2 Decret las emisiones son ligeramente superiores a las obtenidas en la zona climática C2. Como en el caso del edificio de 44 viviendas, la reducción en el consumo de refrigeración y ACS no es suficiente para compensar el aumento en el consumo de calefacción. En este caso, incluso, el escenario 5 (todo eléctrico) obtiene una calificación peor, E.

En la Figura 6-17 y Figura 6-18 se muestra la etiqueta energética del primer y del tercer escenario para todas las zonas climáticas. Es importante destacar los límites que corresponden a cada clase energética, que como se ha dicho anteriormente son diferentes para cada zona climática y contribución solar a ACS.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	12.0 D	15.0 D		10.9 C	12.9 D
Demanda calefacción kWh/m ²	C 9.7	C 13.2	Demanda calefacción kWh/m ²	C 22.5	C 22.9
Demanda refrigeración kWh/m ²	C 21.5	D 24.8	Demanda refrigeración kWh/m ²	C 5.3	D 7.7
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	B 2.7	C 4.2	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 6.0	C 7.3
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 8.2	E 9.4	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 2.9	D 2.9
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 1.1	D 1.4	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 2.0	D 2.7
Zona climática B4			Zona climática C2		
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	13.8 C	17.2 D		19.6 C	26.0 D
Demanda calefacción kWh/m ²	C 36.0	C 36.1	Demanda calefacción kWh/m ²	C 69.5	D 72.0
Demanda refrigeración kWh/m ²	C 8.4	D 10.8	Demanda refrigeración kWh/m ²	-	-
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 9.3	C 11.6	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 17.5	D 23.1
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 3.4	E 4.1	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	-	-
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 1.1	D 1.5	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 2.1	D 2.9
Zona climática D3			Zona climática E1		

Figura 6-17 Etiqueta energética Edificio 77 viviendas. Escenario 1.

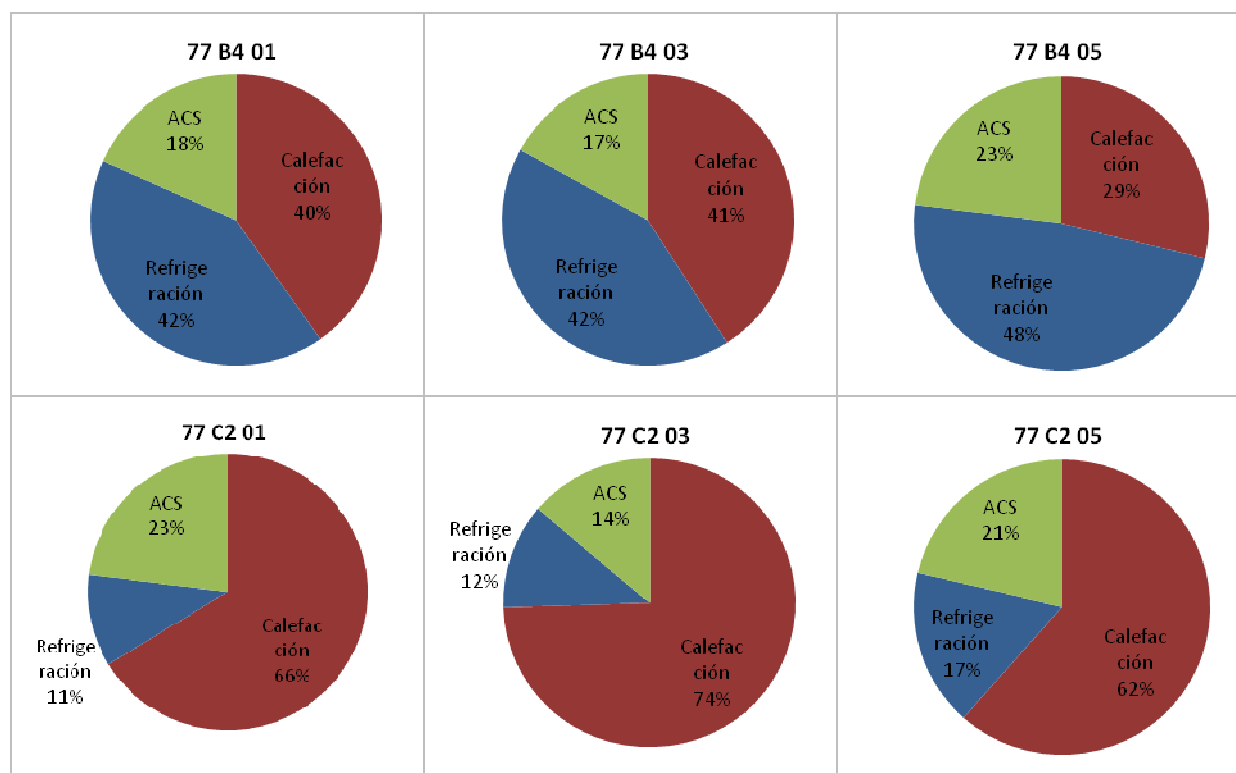
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	14.2 D	15.0 D		12.4 D	12.2 D
Demanda calefacción kWh/m ²	C 9.7	C 13.2	Demanda calefacción kWh/m ²	C 23.2	C 25.5
Demanda refrigeración kWh/m ²	C 21.5	D 24.6	Demanda refrigeración kWh/m ²	C 5.4	C 6.7
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	B 2.7	C 4.2	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 6.1	C 8.2
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 8.2	E 9.4	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 2.9	D 2.5
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 3.3	D 1.4	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 3.4	D 1.5
Zona climática B4			Zona climática C2		

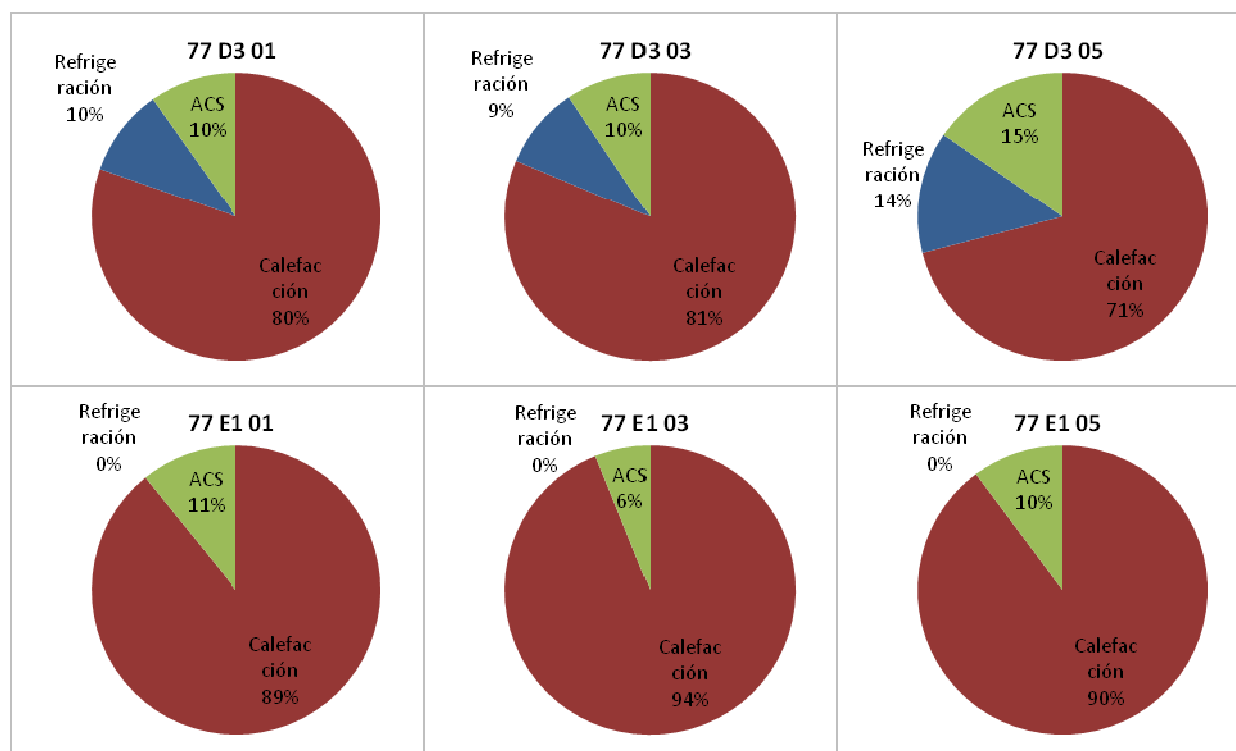
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	16.7 C	17.6 D		22.4 C	24.9 D
Demanda calefacción kWh/m ²	C 38.0	C 38.6	Demanda calefacción kWh/m ²	D 74.5	D 72.9
Demanda refrigeración kWh/m ²	C 8.4	C 10.0	Demanda refrigeración kWh/m ²	-	-
Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 9.8	C 12.3	Emisiones CO ₂ calefacción kgCO ₂ /m ²	C 18.7	D 23.3
Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	D 3.4	D 3.8	Emisiones CO ₂ refrigeración kgCO ₂ /m ²	-	-
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 3.5	D 1.5	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 3.7	D 1.6
Zona climática D3			Zona climática E1		

Figura 6-18 Etiqueta energética Edificio 77 viviendas. Escenario 3.

Se observa que la calificación de C para el escenario 3 de la zona climática D3 está en el límite superior de la escala.

En la Figura 6-19 se muestra la distribución de consumo de energía final por usos.





77: 77 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

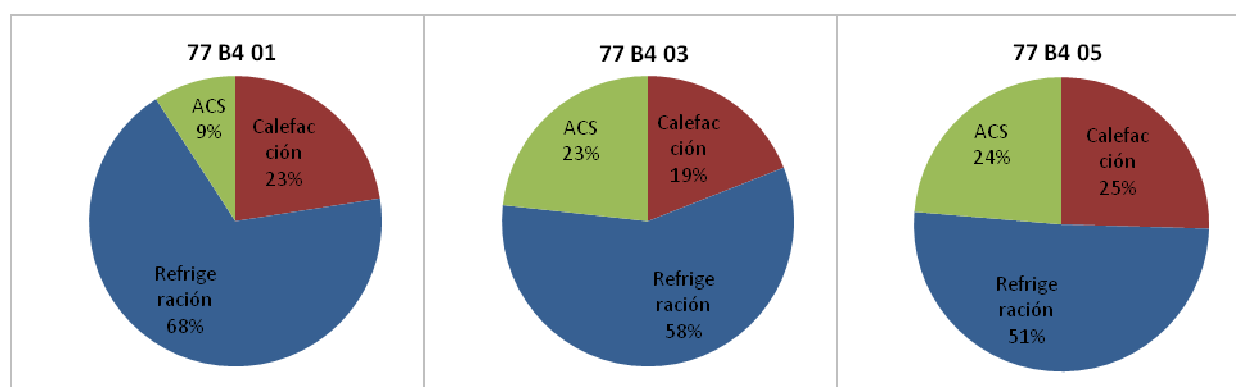
Figura 6-19 Distribución de consumos por usos. Escenarios CALENER VyP. Edificio 77 viviendas

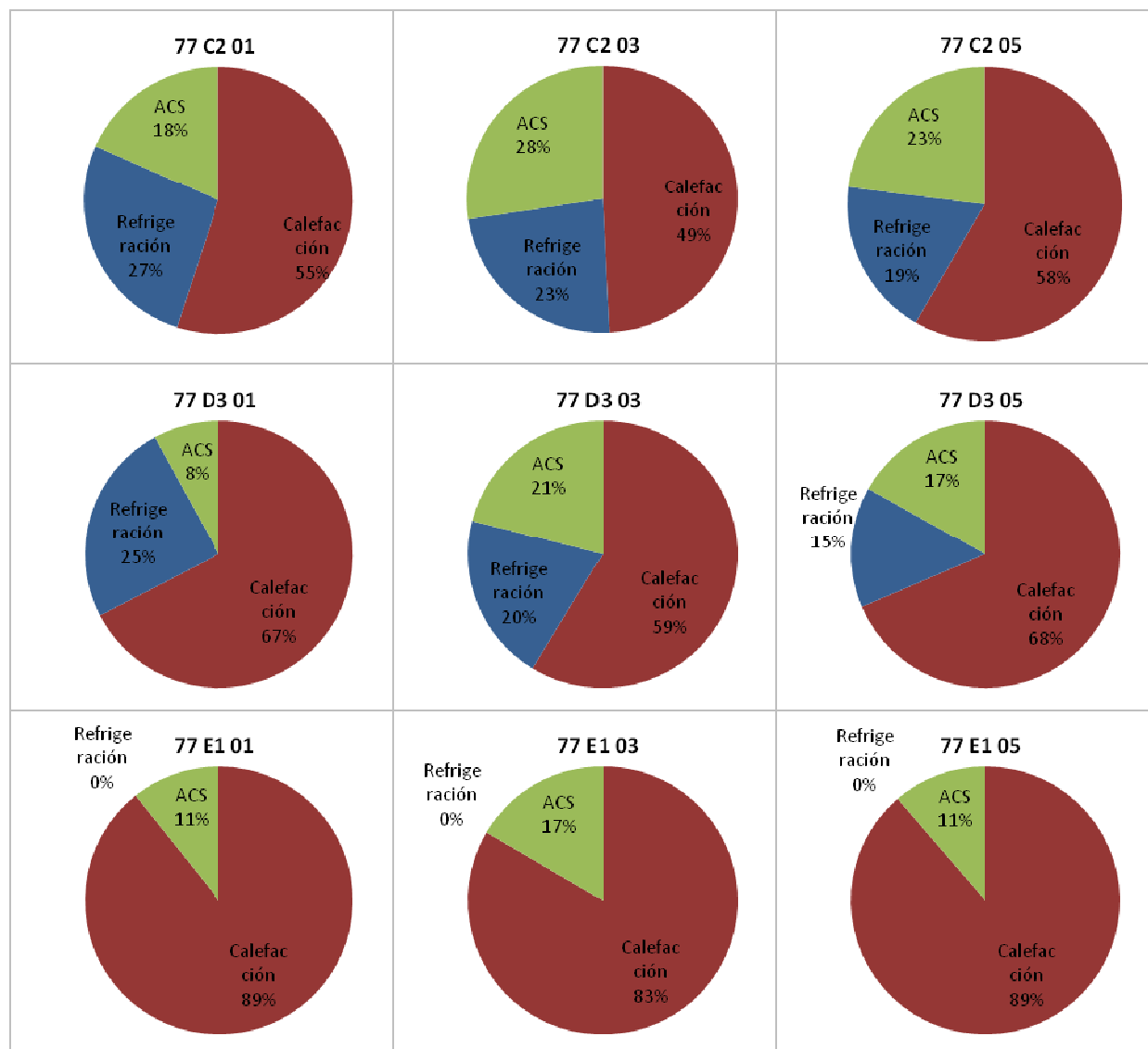
Evidentemente, en este edificio, también el porcentaje de consumo relativo a la calefacción aumenta con la severidad climática de invierno, y está situado entre un 40 % en la zona climática B4 y un 95 % en la zona climática E1.

El porcentaje del ACS varía entre un 6 y un 23% función de la zona climática y del escenario. El porcentaje de ACS es menor para las zonas con mayor demanda en calefacción

Además se puede observar como el consumo en refrigeración es especialmente elevado para la zona climática B4, llegando hasta el 48% en el escenario 5.

En la Figura 6-20 se muestra la distribución de emisiones por usos.





77: 77 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-20 Distribución de emisiones de CO₂ por usos. Edificio 77 viviendas

En cuanto a las emisiones, se observa que el peso de la refrigeración es mayor. Siendo incluso del 68 % en la zona climática B4 para el escenario 1.

En el resto de zonas climáticas, la calefacción supone el uso más importante para todos los escenarios, siendo mayor cuanto mayor es la severidad climática en invierno.

El peso del ACS aumenta cuando la energía de apoyo es la electricidad (escenarios 3 y 5), siendo incluso del 28 % en la zona climática C2, escenario 3.

6.2 Escenarios CEPEC

Los escenarios evaluados con la metodología CEPEC son:

Tabla 6-6 Escenarios CEPEC

Edificio	Parámetros escenario					
	Suministro	Calefacción	Refrigeración	ACS	Cocina	Bitérmico
xx_01	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural	Gas Natural	no
xx_02	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural	Gas Natural	no
xx_03	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Gas Natural	no
xx_04	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Gas Natural	no
xx_05	Individual	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	no
xx_06	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural	Gas Natural	si
xx_07	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Gas Natural	Si
Xx_08	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	no

Antes de presentar los resultados hay que decir que no se pueden comparar los valores absolutos de emisiones entre los escenarios CEPEC y CALENER VyP porque los escenarios CEPEC tienen en cuenta el consumo en equipos (electrodomésticos/gasodomésticos) y CALENER VyP no.

Para evaluar la influencia de la instalación de aparatos bitérmicos hay que comparar los escenarios 1 y 6 para edificios con soporte de gas natural al sistema solar de ACS y 3 y 7 para edificios con soporte eléctrico al sistema solar de ACS.

En cuanto a la influencia de las cocinas de gas o eléctricas, hay que comparar los escenarios 4 y 8.

También se ha evaluado la distribución de consumos y emisiones para los diferentes usos, es decir, calefacción, refrigeración, ACS y equipos para cada zona climática. También se han evaluado para cada escenario, pero la distribución del consumo y de las emisiones no varía de forma significativa para los escenarios con calefacción centralizada o individual. Así que se mostrarán los resultados obtenidos para los escenarios 1, 3 y 5 para cada zona climática

6.2.1 Edificio unifamiliar

Según los factores de emisión de CALENER VyP, los resultados globales de las emisiones del edificio de unifamiliar para cada escenario se pueden observar en la Tabla 6-7.

Tabla 6-7 Resultados consumo final y emisiones. Edificio unifamiliar

Edificio	TOTAL kWh/m ² año				TOTAL kg CO ₂ /m ² año			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Uni_01	85.10	116.90	144.40	197.00	30.10	32.87	39.43	49.33
Uni_02	85.10	116.90	144.40	197.00	30.10	32.81	39.43	49.33
Uni_03	84.90	110.20	142.20	192.10	32.35	33.75	41.26	51.21
Uni_04	84.90	110.20	142.20	192.10	32.35	33.75	41.26	51.21
Uni_05	66.40	70.10	87.70	108.20	43.16	45.57	57.01	70.33
Uni_06	85.50	117.00	144.50	197.10	29.92	32.62	39.19	49.09

Edificio	TOTAL kWh/m ² año				TOTAL kg CO ₂ /m ² año			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Uni_07	85.00	110.30	142.30	191.50	32.11	33.50	41.02	50.82
Uni_08	84.20	109.80	141.50	191.40	33.52	34.98	42.43	52.38

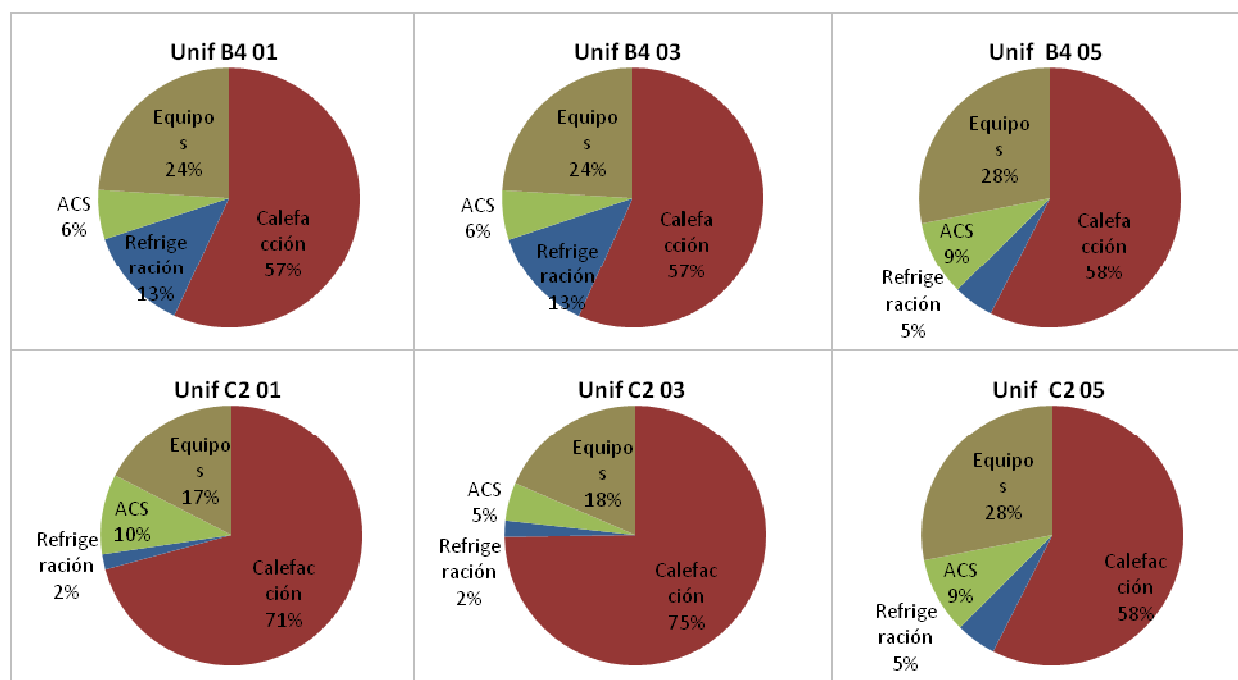
Figura 6-21 Emisiones kg CO₂ /m² según zona climática para cada escenario CEPEC. Edificio unifamiliar

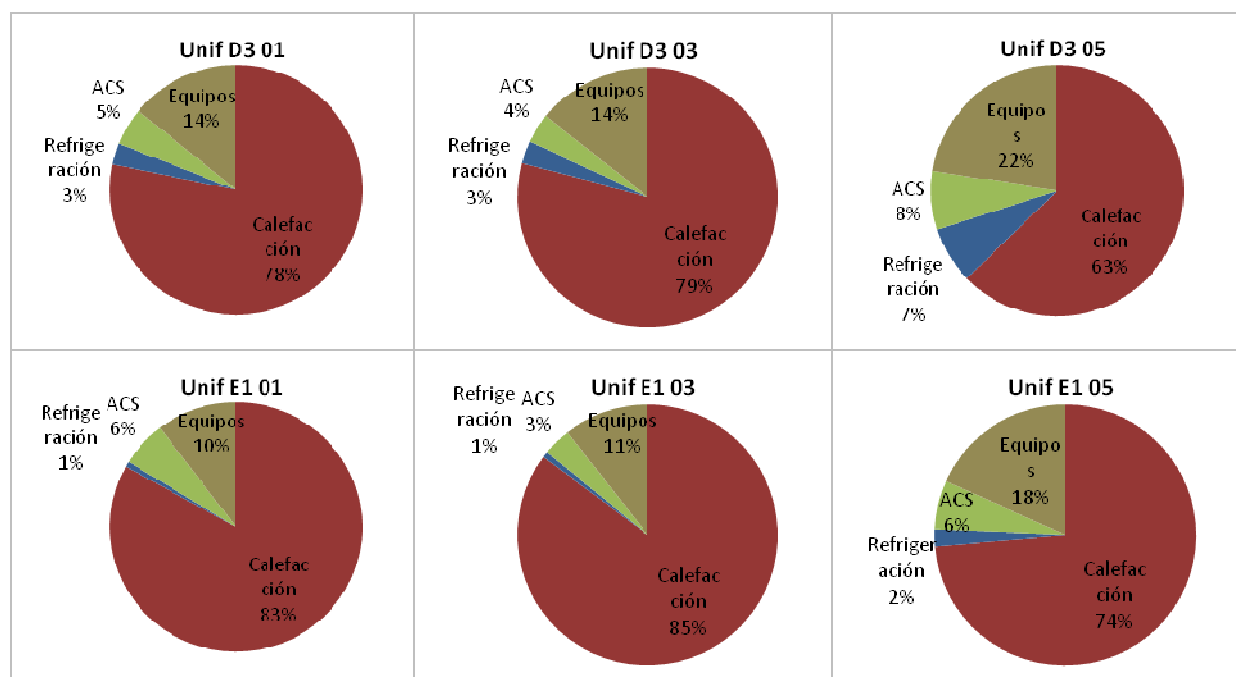
La evolución de las emisiones para los diferentes escenarios y zonas climáticas es similar a la de los escenarios CALENER.

En cuanto a la influencia de la pre-instalación de aparatos bitérmicos en las emisiones globales, se puede observar que las diferencias son prácticamente imperceptibles aunque ligeramente mejores para los escenarios que consideran la preinstalación de bitérmicos. Estas mejoras no superan el 0.8% para ninguna zona climática.

En cuanto a la influencia de la instalación de cocina eléctrica (vitrocerámica) o de gas, se deben comparar los escenarios 4 y 8. Se puede observar que las emisiones son superiores en el escenario 8 (cocina eléctrica), el aumento está entre 2.5 y 3.6 %.

La distribución de consumos según los usos analizados se pueden ver en la Figura 6-22





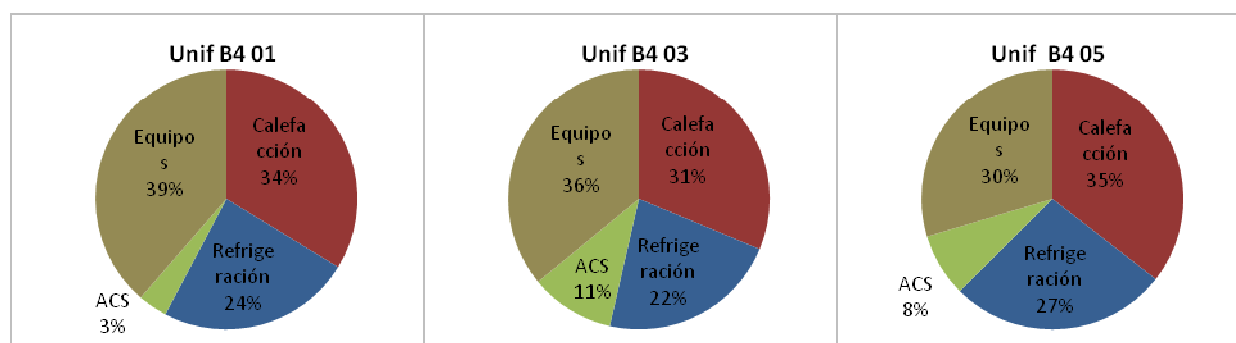
Unif: unifamiliar; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

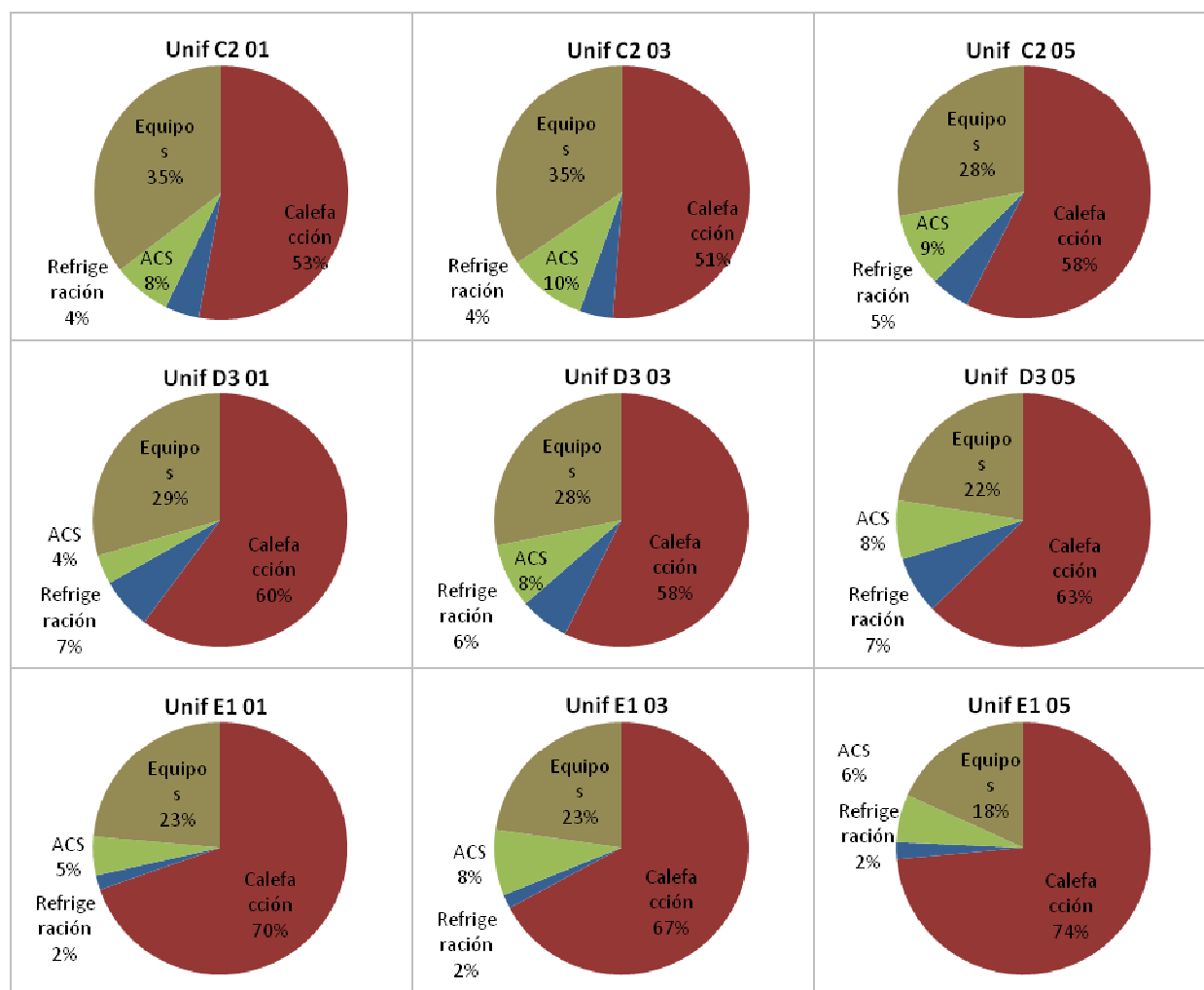
Figura 6-22 Distribución de consumo de energía final por usos. Escenarios CEPEC. Edificio unifamiliar

Para el escenario 1, la suma del consumo en calefacción y refrigeración supone entre un 70 y un 80% del consumo global, dependiendo de la zona climática. Siendo las zonas climáticas con mayor severidad en invierno las que suponen un porcentaje mayor. En el escenario 5 este porcentaje es un poco menor pero también supone entre un 60 y un 75% del consumo energético del edificio. Hay que tener en cuenta que se está evaluando el consumo expresado en energía final.

La distribución de los consumos en los escenarios 1 y 3 son muy similares excepto por el ACS, mayor en el escenario 1 (ACS con gas natural). El porcentaje de ACS supone entre un 5 y un 10 % del consumo y el consumo de los equipos supone un porcentaje más elevado en las zonas climáticas con menor necesidad de calefacción llegando, a valores del 30% como máximo.

La distribución de las emisiones de CO₂ según los usos analizados se pueden ver en la Figura 6-23





Unif: unifamiliar; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-23 Distribución de emisiones de CO₂ por usos. Escenarios CEPEC. Edificio unifamiliar

En cuanto a la evaluación de la distribución de emisiones de CO₂, se puede observar como el porcentaje relativo a los equipos aumenta (la mayoría consumen energía eléctrica) siendo del 39% en la zona climática B4 (menor necesidad de calefacción). La suma de las emisiones de calefacción y refrigeración supone el mayor porcentaje de las emisiones, los valores están situados entre 57 y el 70 % para la zona climática B4 y E1 respectivamente.

En el escenario 5 (sólo consumo eléctrico), las emisiones relacionadas con la climatización de la vivienda son superiores. Los valores están entre 62 y 75% para las zonas climáticas B4 y E1 respectivamente.

En todos los escenarios y en todas las zonas climáticas el uso que supone menor número de emisiones es el Agua Caliente Sanitaria.

6.2.2 Edificio 15 viviendas

Según los factores de emisión de CALENER VyP, los resultados globales de las emisiones del edificio de 15 viviendas para cada escenario se pueden observar en la Tabla 6-8.

Tabla 6-8 Resultados consumo final y emisiones. Edificio 15 viviendas

Edificio	TOTAL kWh/m ² año				TOTAL kg CO ₂ /m ² año			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
15_01	84.60	119.60	135.20	204.30	34.40	37.19	42.67	55.69
15_02	78.10	96.10	119.70	177.30	33.05	32.28	39.76	50.42
15_03	77.40	95.80	116.00	166.50	37.18	36.72	43.38	53.26
15_04	77.20	95.90	116.10	166.70	37.14	36.74	42.88	53.28
15_05	66.10	70.80	81.30	105.10	43.08	49.56	52.85	68.32
15_06	84.50	119.50	135.10	204.10	33.85	36.70	42.12	55.12
15_07	77.30	95.70	115.90	166.40	36.63	36.23	42.82	52.71
15_08	76.00	94.70	114.90	165.50	39.10	38.44	44.82	55.25

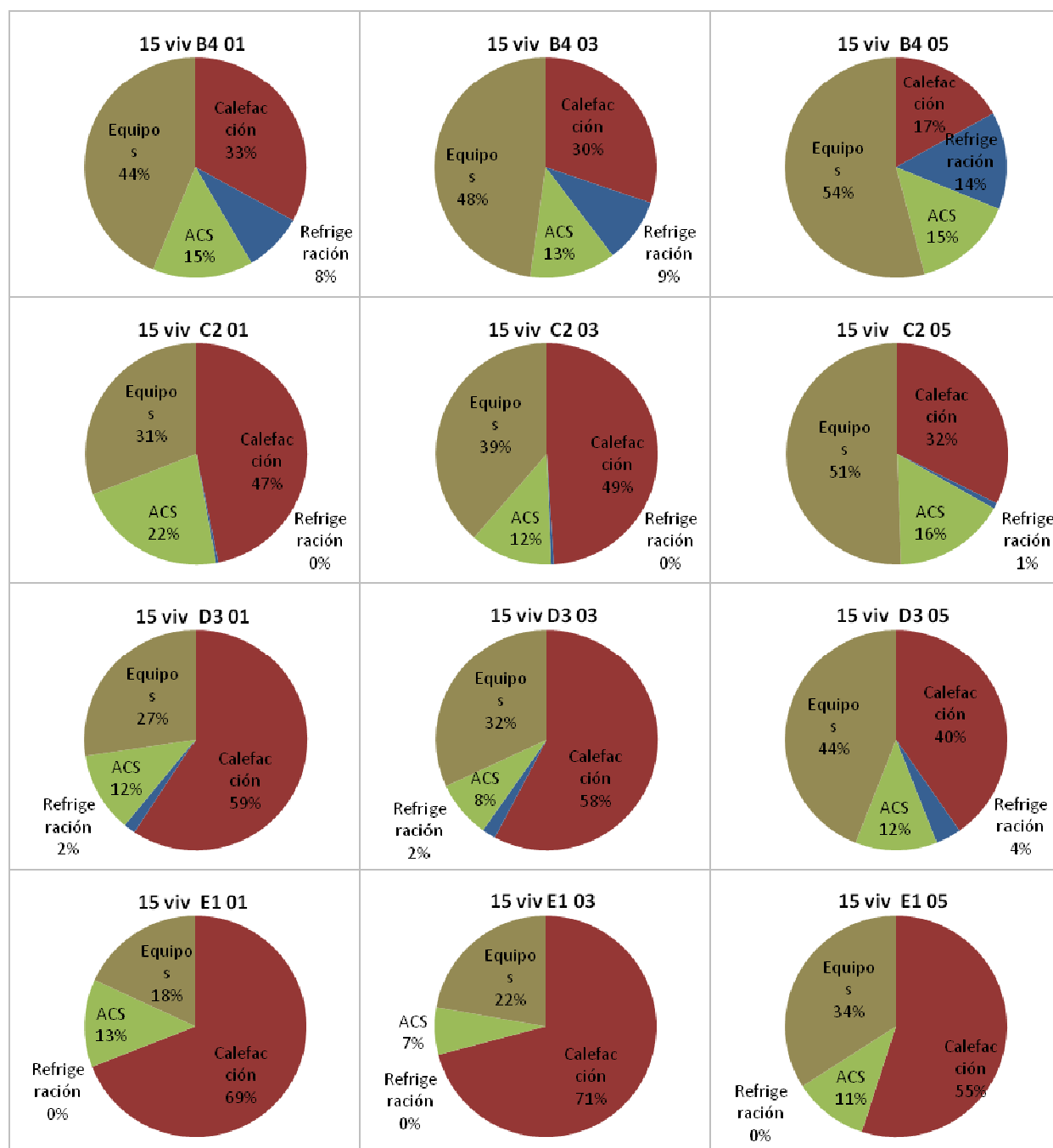
Figura 6-24 Emisiones kg CO₂ /m² según zona climática para cada escenario CEPEC. Edificio 15 viviendas.

La evolución de las emisiones para los diferentes escenarios y zonas climáticas es similar a la de los escenarios CALENER, excepto para el escenario 1 (calefacción y ACS a gas y centralizada) en que las emisiones son superiores al escenario 2 (calefacción y ACS a gas individual). Esta diferencia aumenta con la severidad climática en invierno, siendo el caso extremo E1, en el que las emisiones superan a los escenarios 3 y 4 (calefacción a gas y ACS eléctrico). Este resultado no parece muy coherente, así que se cree que es debido a una anomalía en los cálculos de la metodología CEPEC.

En cualquier caso, el interés de utilizar CEPEC en este estudio era el de evaluar la influencia de los aparatos bitérmicos y las cocinas eléctricas o de gas en las emisiones finales. En el caso de los aparatos bitérmicos, las diferencias son prácticamente imperceptibles aunque ligeramente mejores para los escenarios que consideran la preinstalación de bitérmicos. Estas mejoras están entre 1 y el 1.6% según la zona climática considerada. Los ahorros son menores para las zonas climáticas con severidad en invierno más alta. Esto es así, porque, en estas zonas climáticas, el peso de las emisiones asociadas a los equipos en el global de las emisiones es menor.

En el caso de la cocina eléctrica, se puede observar que las emisiones son superiores en el escenario 8 (cocina eléctrica), el aumento está entre un 3.6 y un 5.2% respecto al escenario 4 (cocina a gas). Estos porcentajes son superiores a los obtenidos en el edificio unifamiliar.

La distribución de consumos según los usos analizados se pueden ver en la Figura 6-25



15: 15 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

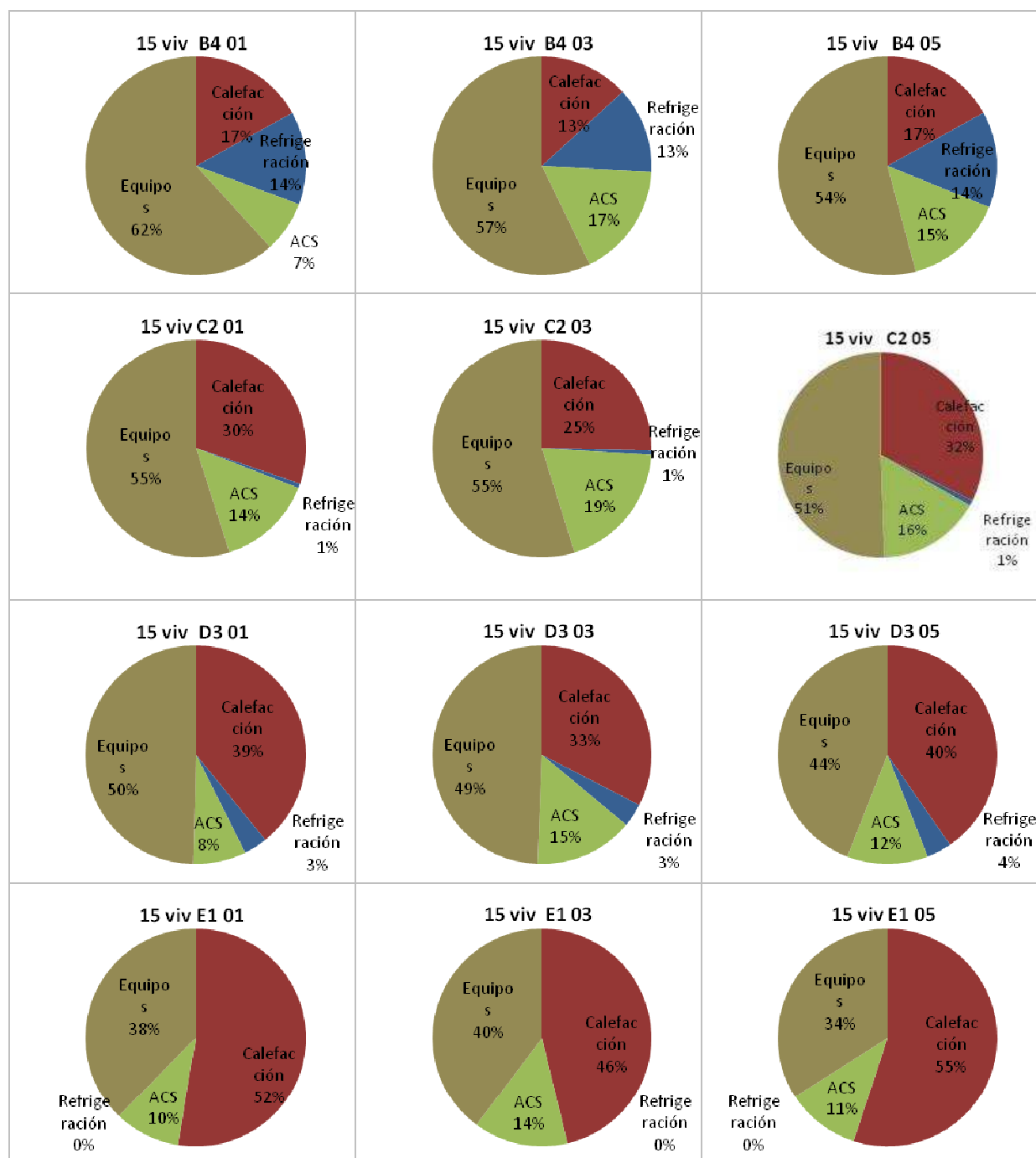
Figura 6-25 Distribución de consumo de energía final por usos. Edificio 15 viviendas

Para el escenario 1, la suma del consumo en calefacción y refrigeración supone entre un 41 y un 69% del consumo global, dependiendo de la zona climática. Siendo las zonas climáticas con mayor severidad en invierno los que suponen un porcentaje mayor. En el escenario 5 este porcentaje es un poco menor pero también supone entre un 31 y un 55% del consumo energético del edificio. Se puede observar que los porcentajes son mucho menores que en el caso de la vivienda unifamiliar

El porcentaje de ACS aumenta respecto a los consumos de la vivienda unifamiliar y se sitúa entre un 11 y un 22 % del consumo global. El consumo de los equipos supone un porcentaje más elevado en las zonas climáticas con menor necesidad de calefacción llegando, a valores del 54% como máximo.

De forma análoga a lo que ocurría en los resultados de los escenarios de Calener VyP, este edificio da resultados un tanto anómalos para la zona climática C2, ya que la demanda y por lo tanto el consumo en refrigeración es prácticamente nulo. Esto no concuerda con el resto de edificios. El porcentaje de refrigeración en el consumo global del edificio de este edificio es menor que para los edificios de 44 y 77 viviendas. La particular forma de este edificio (Ver Figura 5-2), cuya compacidad es mucho menor que en los otros edificios, hace que la distribución en la demanda y el consumo de este edificio sea diferente al resto.

La distribución de las emisiones de CO₂ según los usos analizados se pueden ver en la Figura 6-26



15: 15 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-26 Distribución de emisiones de CO₂ por usos. Escenarios CEPEC. Edificio 15 viviendas

En cuanto a la evaluación de la distribución de emisiones de CO₂, se puede observar como el porcentaje relativo a los equipos aumenta (la mayoría consumen energía eléctrica) siendo el máximo el 62% en la zona climática con menor necesidad de calefacción (B4). La suma de las emisiones de calefacción y refrigeración ya no supone el mayor porcentaje de las emisiones para las zonas climáticas B4, C2 y D3. Los valores están situados entre 31 y el 42 % para la zona climática B4 y D3 respectivamente. En la zona climática con mayor severidad de invierno (E1) la calefacción supone el 52 % de las emisiones totales.

En el escenario 5 (sólo consumo eléctrico), las emisiones relacionadas con la climatización de la vivienda son ligeramente superiores. Los valores están entre 31 y 55% para las zonas climáticas B4 y E1 respectivamente.

En todos los escenarios y en todas las zonas climáticas el uso que supone menor número de emisiones es el Agua Caliente Sanitaria, considerando como consumo global de climatización la calefacción y la refrigeración.

Como se puede observar, el peso específico de los equipos aumenta en los edificios plurifamiliares.

6.2.3 Edificio 44 viviendas

Según los factores de emisión de CALENER VyP, los resultados globales de las emisiones del edificio de 44 viviendas para cada escenario se pueden observar en la Tabla 6-9.

Tabla 6-9 Resultados consumo final y emisiones. Edificio 44 viviendas

Edificio	TOTAL kWh/m ² año				TOTAL kg CO ₂ /m ² año			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	61.10	80.80	99.60	152.90	28.02	28.61	33.74	42.50
44_02	57.50	72.80	64.10	137.40	27.23	26.85	31.36	39.09
44_03	56.90	65.00	87.30	128.70	29.63	27.67	33.57	39.71
44_04	57.10	65.30	87.80	129.80	29.68	27.74	33.68	39.95
44_05	53.20	50.50	62.80	77.30	34.58	32.83	40.82	50.25
44_06	61.10	80.70	99.60	152.90	27.68	28.25	33.39	42.15
44_07	56.90	65.30	87.30	128.70	29.29	27.40	33.22	39.37
44_08	56.30	64.20	87.00	129.00	30.92	28.92	34.92	41.19

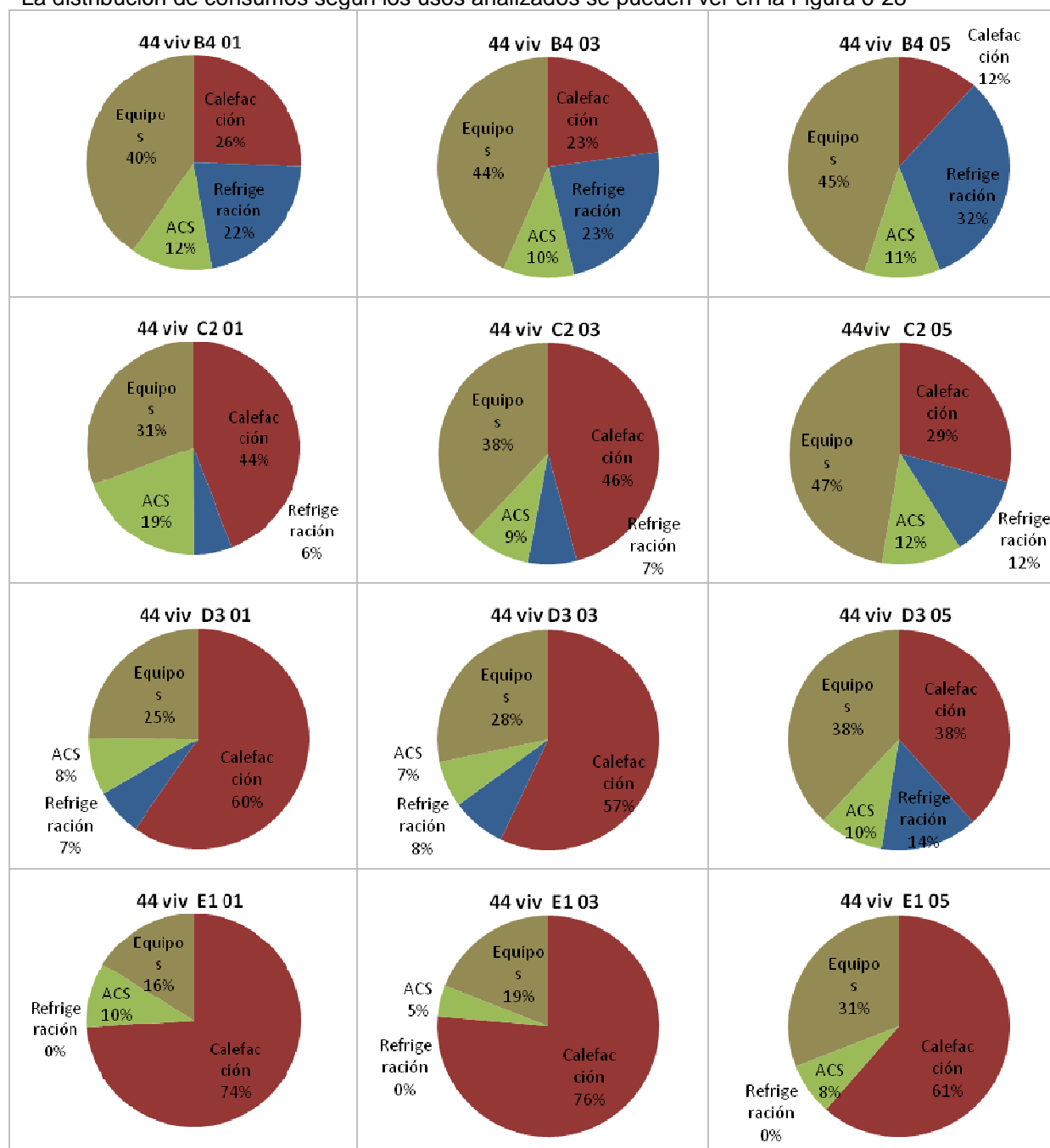
Figura 6-27 Emisiones kg CO₂ /m² según zona climática para cada escenario CEPEC. Edificio 44 viviendas.

Al igual que el edificio de 15 viviendas, la evolución de las emisiones para los diferentes escenarios y zonas climáticas es similar a la de los escenarios CALENER, excepto para el escenario 1 (calefacción y ACS a gas y centralizada) en el que las emisiones son superiores al escenario 2 (calefacción y ACS a gas individual). Como ocurría en el edificio de 15 viviendas, esta diferencia aumenta con la severidad climática en invierno.

En el caso de los aparatos bitérmicos, las diferencias son prácticamente imperceptibles aunque ligeramente mejores para los escenarios que consideran la preinstalación de bitérmicos. Estas mejoras están entre el 0.8 y el 1.3% según la zona climática considerada. Los ahorros son menores para las zonas climáticas con severidad en invierno más alta. Esto es así, porque, en estas zonas climáticas, el peso de las emisiones asociadas a los equipos en el global de las emisiones es menor.

En el caso de la cocina eléctrica, se puede observar que las emisiones son ligeramente superiores en el escenario 8 (cocina eléctrica), el aumento está entre un 3 y un 4.2% respecto al escenario 4 (cocina a gas).

La distribución de consumos según los usos analizados se pueden ver en la Figura 6-28



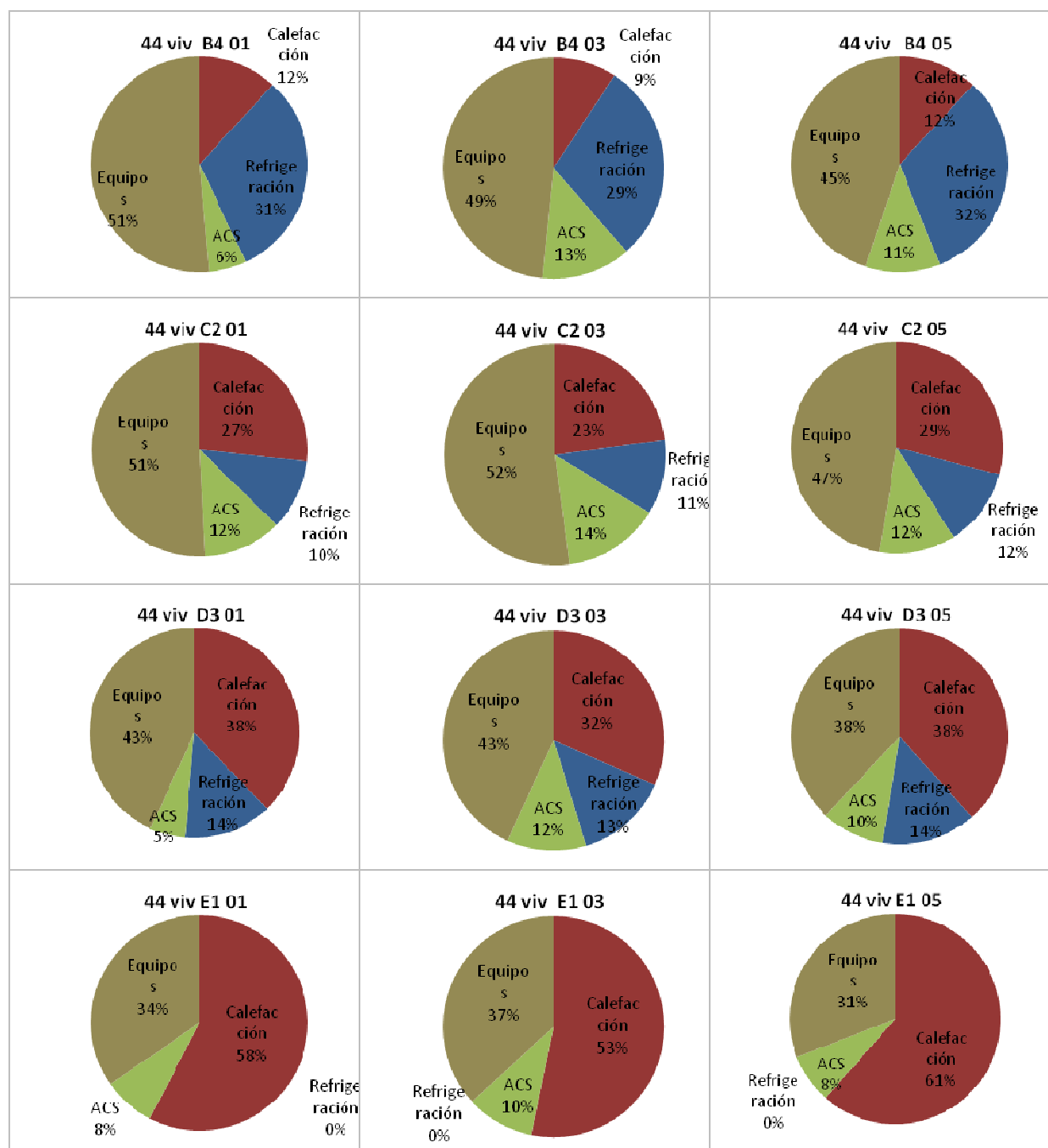
44: 44 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-28 Distribución de consumo de energía final por usos. Escenarios CEPEC. Edificio 44 viviendas

Para el escenario 1, la suma del consumo en calefacción y refrigeración supone entre un 48 y un 74% del consumo global, dependiendo de la zona climática. Siendo las zonas climáticas con mayor severidad en invierno las que suponen un porcentaje mayor. En el escenario 5 este porcentaje es un poco menor pero también supone entre un 44 y un 65% del consumo energético del edificio.

El porcentaje de ACS aumenta respecto a los consumos de la vivienda unifamiliar y se sitúa entre un 12 y un 19 % del consumo. Estos valores son bastante similares a los del edificio de 15 viviendas. En cuanto al consumo de los equipos supone un porcentaje más elevado en las zonas climáticas con menor necesidad de calefacción llegando, a valores del 45% como máximo.

La distribución de las emisiones de CO₂ según los usos analizados se pueden ver en Figura 6-29



44: 44 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-29 Distribución de emisiones de CO₂ por usos. Escenarios CEPEC. Edificio 44 viviendas

En cuanto a la evaluación de la distribución de emisiones de CO₂, se puede observar como el porcentaje relativo a los equipos aumenta (la mayoría consumen energía eléctrica) siendo el máximo el 51% en la zona climática con menor necesidad de calefacción (B4). La suma de las emisiones de calefacción y refrigeración ya no supone el mayor porcentaje de las emisiones para las zonas climáticas B4, C2. Los valores están situados entre 30 y el 37 % para la zona climática B4 y C2 respectivamente. Para la zona climática D3, supone el 51% de las emisiones totales. En la zona climática con mayor severidad de invierno (E1) la calefacción supone el 58 % de las emisiones totales.

El escenario 5 (sólo consumo eléctrico), las emisiones relacionadas con la climatización de la vivienda son superiores. Los valores están entre 44 y 61% para las zonas climáticas B4 y E1 respectivamente.

En todos los escenarios y en todas las zonas climáticas el uso que supone menor número de emisiones es el Agua Caliente Sanitaria, considerando como consumo global de climatización la calefacción y la refrigeración. Los valores se encuentran entre el 5 y el 12%

Como se puede observar, el peso específico de los equipos aumenta en los edificios plurifamiliares.

6.2.4 Edificio 77 viviendas

Según los factores de emisión de CALENER VyP, los resultados globales de las emisiones del edificio de 77 viviendas para cada escenario se pueden observar en la Tabla 6-10.

Tabla 6-10 Resultados consumo final y emisiones. Edificio 70 viviendas

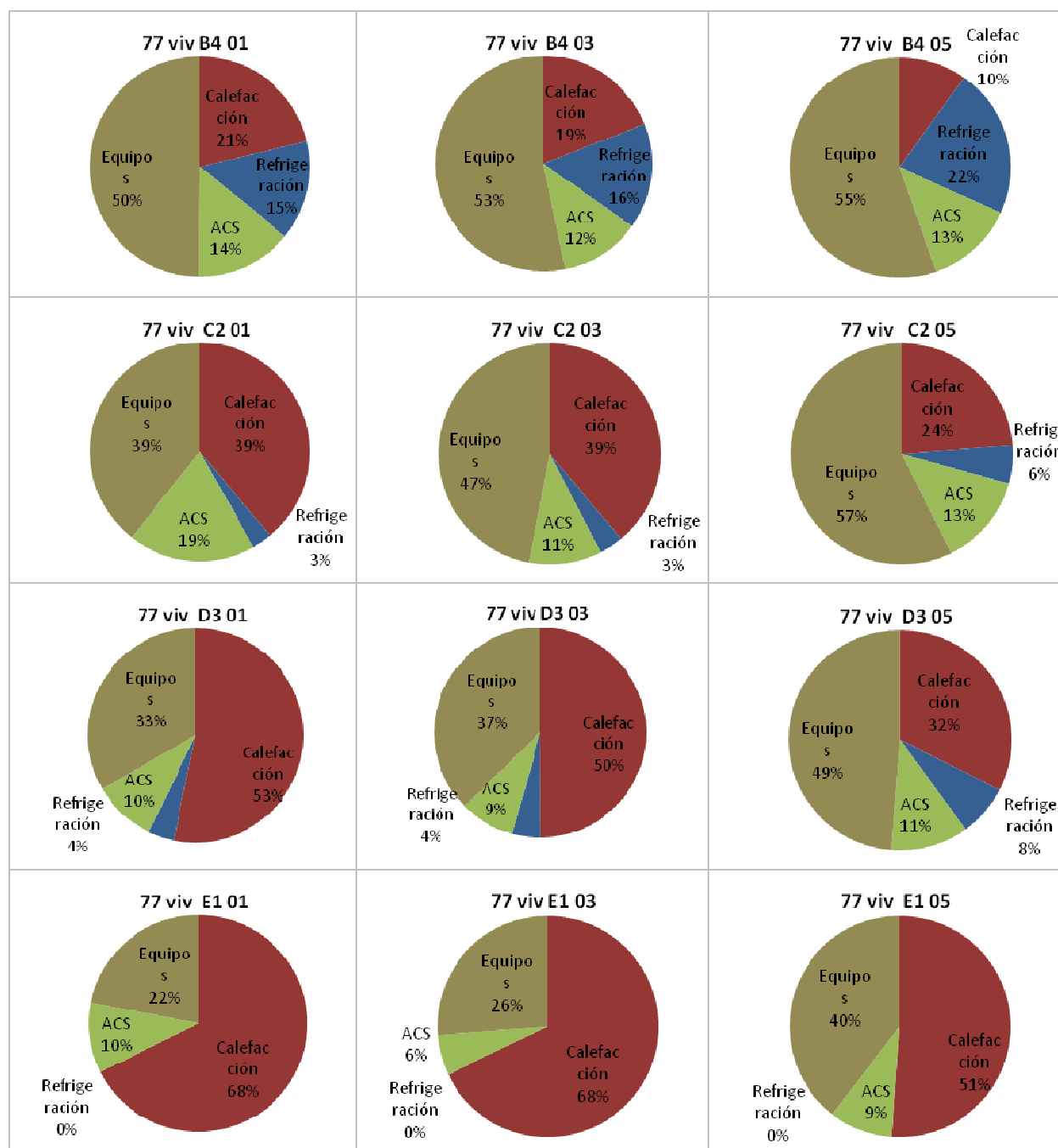
Edificio	TOTAL kWh/m ² año				TOTAL kg CO ₂ /m ² año			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
77_01	69.80	88.20	104.00	158.50	31.91	32.38	36.32	46.00
77_02	65.90	80.30	94.00	139.60	31.09	30.72	34.22	42.03
77_03	65.20	73.80	92.80	132.20	34.37	32.79	37.40	43.91
77_04	65.30	74.10	93.30	133.10	34.39	32.85	37.50	44.10
77_05	60.70	58.60	69.00	84.80	39.46	38.09	44.85	55.12
77_06	69.60	88.10	103.90	158.40	31.38	31.88	35.81	45.50
77_07	65.10	73.70	92.70	132.00	33.87	32.29	36.89	43.38
77_08	64.20	73.00	92.20	132.00	36.23	34.69	39.34	45.94

Figura 6-30 Emisiones kg CO₂ /m² según zona climática para cada escenario CEPEC. Edificio 77 viviendas

Al igual que en el resto de edificios, la evolución de las emisiones para los diferentes escenarios y zonas climáticas es similar a la de los escenarios CALENER. Para la zona climática E1, el comportamiento es más irregular, las emisiones del escenario 1 son más elevadas que las del escenario 3, esto parece no tener demasiado sentido, teniendo en cuenta que la demanda de ACS se satisface con energía solar y electricidad.

Respecto a los equipos bitérmicos, se deben comparar los escenarios 6 y 7, con los escenarios 1 y 3 respectivamente. Se puede observar que para todas las zonas climáticas los resultados de los escenarios 1 – 6 y 3 - 7 son muy similares, aunque se aprecia una ligera mejoría (entre 1 y 1.6%) en los escenarios que consideran la preinstalación de bitérmicos (6 y 7). Por lo tanto, la pre-instalación de equipos bitérmicos mejora, según la metodología utilizada, ligeramente las emisiones.

En cuanto a las cocinas eléctricas o de gas, el aumento es más notorio. Si se compara el escenario 4 con el 8, se puede observar un aumento en las emisiones entre un 4 y un 5.5% en el escenario 8, que dispone de cocina eléctrica. La distribución de consumos según los usos analizados se pueden ver en la Figura 6-31

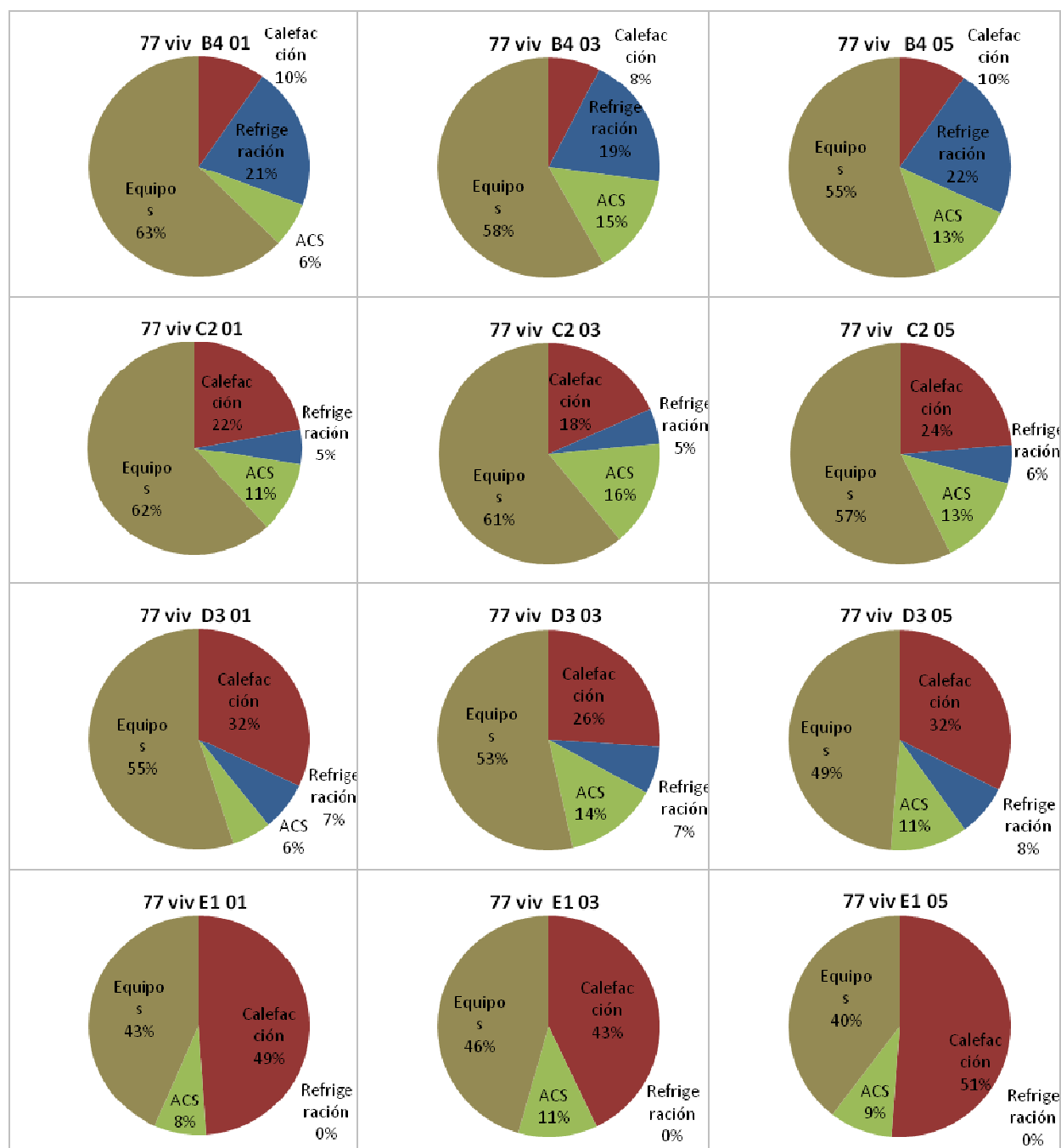


77: 77 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-31 Distribución de consumo de energía final por usos. Escenarios CEPEC. Edificio 77 viviendas

Para el escenario 1, la suma del consumo en calefacción y refrigeración supone entre un 42 y un 68% del consumo global, dependiendo de la zona climática, siendo las zonas climáticas con mayor severidad en invierno las que presentan un porcentaje mayor. En el escenario 5 este porcentaje es un poco menor pero el valor está situado entre un 30 y un 51% del consumo energético del edificio.

El porcentaje de ACS aumenta respecto a los consumos de la vivienda unifamiliar y se sitúa entre un 10 y un 19 % del consumo. Estos valores son bastante similares a los de los edificios de 15 y 44 viviendas. En cuanto al consumo de los equipos supone un porcentaje más elevado en las zonas climáticas con menor necesidad de calefacción llegando, a valores del 57% como máximo. La distribución de las emisiones de CO₂ según los usos analizados se pueden ver en la Figura 6-32



77: 77 viviendas; B4, C2, D3, E1: zonas climáticas; 01, 03 y 05: escenarios

Figura 6-32 Distribución de emisiones de CO₂ por usos. Escenarios CEPEC. Edificio 77 viviendas

En cuanto a la evaluación de la distribución de emisiones de CO₂, se puede observar como el porcentaje relativo a los equipos aumenta (la mayoría consumen energía eléctrica) siendo el máximo el 62% en la zona climática con menor necesidad de calefacción (B4). La suma de las emisiones de calefacción y refrigeración ya no supone el mayor porcentaje de las emisiones para ninguna de las zonas climáticas. Los valores están situados entre 30 y el 49 % para la zona climática B4 y E1 respectivamente. El escenario 5 (sólo consumo eléctrico), las emisiones relacionadas con la climatización de la vivienda son ligeramente superiores. Los valores están entre 32 y 51 % para las zonas climáticas B4 y E1 respectivamente. En todos los escenarios y en todas las zonas climáticas el uso que supone menor número de emisiones es el Agua Caliente Sanitaria, considerando como consumo global de climatización la calefacción y la refrigeración. Los valores se encuentran entre el 6 y el 13%

Como se puede observar, el peso específico de los equipos aumenta en los edificios plurifamiliares. Para edificios plurifamiliares con mayor número de viviendas, el porcentaje relativo a la climatización disminuye respecto a edificios con menor número de viviendas.

6.3 Variaciones sobre escenarios 1 y 5 del edificio de 44 viviendas

Los escenarios evaluados son los que aparecen en la Tabla 6-11.

Tabla 6-11 Variaciones sobre los escenarios 1 y 5 de CALENER VyP.

Escenario	Suministro	Calefacción	Refrigeración	ACS+solar
1	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural
1_biomasa	Centralizado	Biomasa	Eléctrica	Biomasa
1_Ulim	Las U de los cerramientos son exactamente las U límite establecidas en normativa. DB-HE1			
1_60% ref	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 60% de la superficie de la vivienda			
1_65% ref	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 65% de la superficie de la vivienda			
1_75% ref	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 75% de la superficie de la vivienda			
5	Individual	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica
5_Ulim	Las U de los cerramientos son exactamente las U límite establecidas en normativa. DB-HE1			
5_60% ref	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 60% de la superficie de la vivienda			
5_65% ref	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 65% de la superficie de la vivienda			
5_75% ref	Sólo se acondiciona, en cuanto a refrigeración, el 75% de la superficie de la vivienda			
5_COP3.5	Mejora del COP de la bomba de calor hasta un 3.5. (El COP en el escenario 5 de la bomba de calor era 2.6)			

6.3.1 Caldera mixta para calefacción y apoyo a ACS alimentada con biomasa.

La caldera tiene los mismos parámetros de rendimiento que la caldera de gas del escenario 1, pero en este caso está alimentada por biomasa.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 6-12 Edificio 44 viviendas. Caldera de biomasa. Consumo final, emisiones globales y calificación energética.

Edificio	TOTAL kWh/m ² año				TOTAL kg CO ₂ /m ² año			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	30.90	39.00	61.00	104.00	12.50	12.4	16.50	22.60
44_01_biomasa	30.90	39.00	61.00	104.00	9.60	5.50	7.50	5.10

Edificio	Calificación			
	B4	C2	D3	E1
44_01	D	C	C	C
44_01_biomasa	C	B	B	A

En este caso se ha obtenido una mejora realmente significativa en la calificación, mejor cuanto mayor es la severidad climática de la zona. Es decir, la mejor calificación la obtiene, de nuevo, la zona climática E1. En este caso la calificación obtenida es una A, la mejor posible. Para las zonas climáticas C2 y D3, la calificación obtenida es de B y para la zona climática B4 es una C. En el caso de B4, las necesidades de calefacción son menores, así que una mejora en el sistema de calefacción tiene menos influencia que en el resto de zonas climáticas.

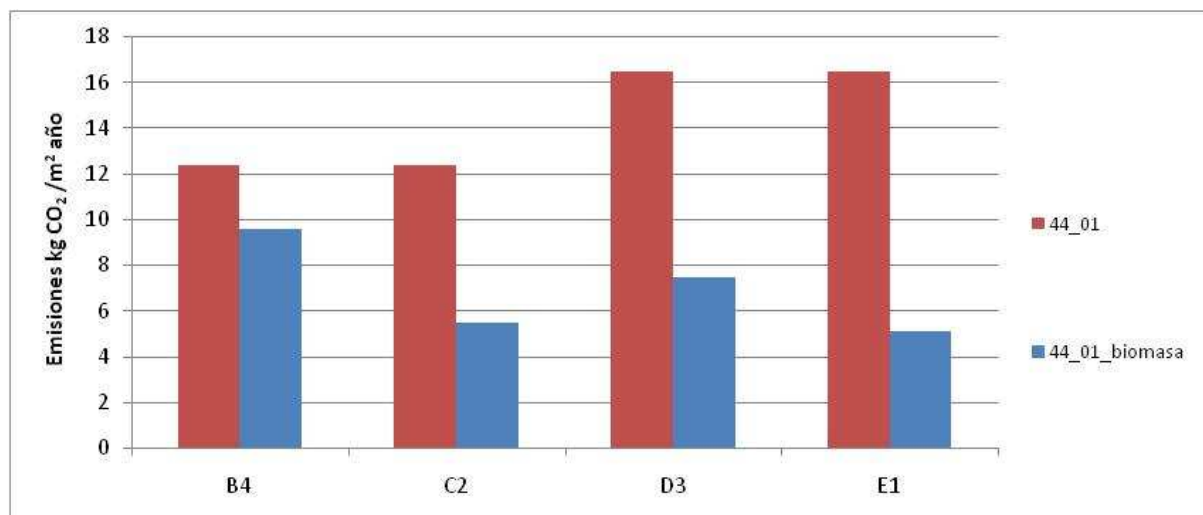


Figura 6-33 Emisiones de CO₂ escenarios 44_01 y 44_01_biomasa

Las emisiones asociadas a la caldera de biomasa son prácticamente nulas, por este motivo la calificación obtenida es tan buena. Esto es así porque se considera que las emisiones de CO₂ que se producen en el proceso de combustión de la caldera se corresponde a la cantidad de CO₂ que la biomasa (madera, plantas,...) fijó de la atmósfera durante su periodo de crecimiento. Así que el balance global es nulo.

6.3.2 Variación de las transmitancias térmicas de los cerramientos.

En este caso, las transmitancias térmicas escogidas son iguales a las transmitancias térmicas límites definidas en la normativa DB-HE1 del CTE.

Tabla 6-13 Valores de U (W/m² K) de los cerramientos espacios habitados.

Cerramiento	Zona climática			
	B4	C2	D3	E1
	U límite	U límite	U límite	U límite
Muro exterior	0.84	0.73	0.66	0.57
Forjado exterior	0.45	0.41	0.38	0.35
Cerramiento interior ⁶	1.20	0.95	0.85	0.74
Hueco	3.00	3.00	2.90	2.60

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 6-14 Edificio 44 viviendas Consumo final, emisiones globales y calificación energética.

Edificio	TOTAL kWh/m ² año				TOTAL kg CO ₂ /m ² año			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	30.90	39.00	61.00	104.00	12.50	12.40	16.50	22.60
44_01_Ulim	32.80	48.40	63.40	108.20	13.00	12.90	16.90	23.60
44_05	25.10	26.20	38.70	56.70	15.10	14.80	21.90	31.40
44_05_Ulim	26.10	27.50	40.20	59.20	15.60	15.30	22.60	32.60

⁶ En contacto con espacio no acondicionado.

Edificio	Calificación			
	B4	C2	D3	E1
44_01	D	C	C	C
44_01_Ulim	D	C	C	C
44_05	D	D	D	D
44_05_Ulim	D	D	D	D

En la siguiente figura se puede ver la comparación entre los resultados en cuanto a emisiones de los escenarios 1 y 5 que consideran la transmitancia térmica de los cerramientos igual al 80% de la transmitancia límite (44_01 y 44_05) y los escenarios 1 y 5 que consideran la transmitancia térmica de los cerramientos igual al valor límite según normativa (44_01_Ulim y 44_05_Ulim).

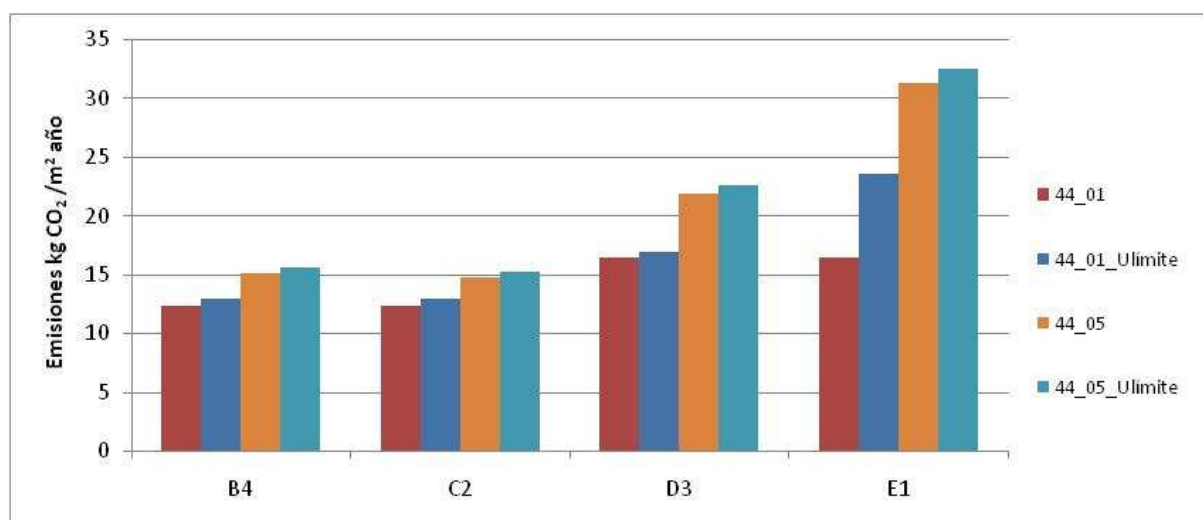


Figura 6-34 Emisiones de CO₂ escenarios 44_01 y 44_01_Ulim; 44_05 y 44_05_Ulim

Se puede observar que, si bien existe un aumento en las emisiones para los escenarios que consideran la transmitancia térmica igual al valor límite, este aumento es poco significativo y no hace variar la escala de calificación energética. (Ver Tabla 6-14)

6.3.3 Variación del porcentaje de superficie refrigerada.

Al introducir geométricamente los edificios en CALENER VyP se tomó la vivienda como un único espacio. Por este motivo, al incluir los sistemas de refrigeración, cada uno de ellos suministra frío a cada espacio, es decir, a cada vivienda.

En la realidad, es muy común que las viviendas sólo dispongan de sistema de refrigeración en el salón y en las habitaciones. Esto implica un menor consumo energético y por lo tanto, menos emisiones, y por lo tanto, una mejora teórica en la calificación. Para comprobar la influencia de este parámetro, se han realizado unos sencillos cálculos. A partir del valor de consumo por m², se obtiene el valor de consumo global si se considera que sólo el 60, 65 o 70% (en función del caso) de la superficie está refrigerada. De esta forma, es fácil determinar las emisiones por m² habitable y por lo tanto, determinar la calificación energética que le corresponde en función de la escala.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 6-15 Edificio 44 viviendas. Emisiones globales y calificación energética en función del porcentaje de superficie climatizada.

Edificio	TOTAL kg CO ₂ /m ² año				Calificación energética			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	12.50	12.40	16.50	22.60	D	C	C	C
44_01_75%ref	10.30	10.00	15.40	22.60	C	C	C	C
44_01_65% ref	9.40	9.70	14.90	22.60	C	C	C	C
44_01_60% ref	9.00	9.50	14.70	22.60	C	C	C	C
44_05	15.10	14.80	21.90	31.40	D	D	D	D
44_05_75% ref	13.00	13.90	20.80	31.40	D	D	D	D
44_05_65% ref	12.10	13.60	20.30	31.40	D	D	D	D
44_05_60% ref	11.70	13.40	20.10	31.40	C	D	D	D

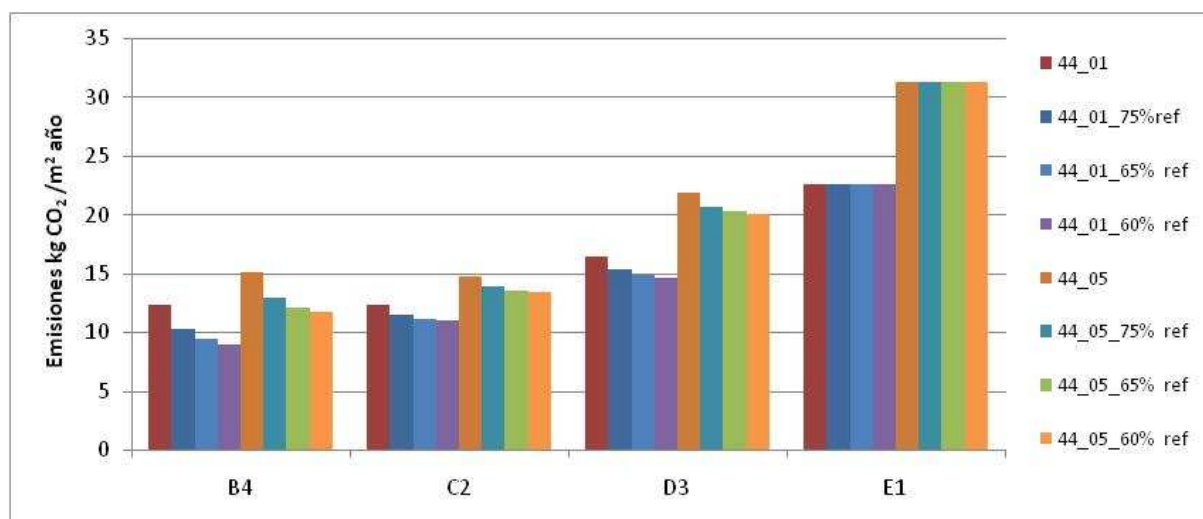


Figura 6-35 Edificio 44 viviendas. Emisiones globales en función del porcentaje de superficie climatizada. Escenarios 1 y 5

La calificación que obtendría el edificio si disminuye el porcentaje de superficie refrigerada, mejora en el caso de que el edificio estuviese situado en la zona climática B4, pasando de una D a una C en el caso del escenario 1 (calefacción y ACS con gas natural) en todos los supuestos de reducción de superficie refrigerada. Sin embargo, en el escenario 5 (sólo electricidad para todos los usos), el único cambio en la calificación también es en el caso de que el edificio esté situado en la zona climática B4, pero sólo en el supuesto que la superficie refrigerada sea de un 60% de la superficie total. Para el resto de zonas climáticas la calificación no varía. Que los cambios sean más significativos en la zona climática B4 es lógico ya que es en esta zona en la que la demanda de refrigeración tiene mayor importancia.

Para las zonas climáticas C2 y D3 existe, evidentemente, una reducción en las emisiones asociadas al consumo en refrigeración, y por tanto, también en las emisiones globales. A pesar de esto, la reducción no es suficientemente significativa para cambiar la escala de calificación.

Para la zona climática E1 no hay ningún cambio ya que no existe demanda, y por lo tanto tampoco consumo, en refrigeración.

Ahora bien, estos resultados no concuerdan con los obtenidos utilizando CALENER VyP si se

considera que un porcentaje de todos los espacios habitables no tiene sistema de refrigeración. En la práctica, se ha considerado que sólo un porcentaje (60%) del total de la superficie de la planta tiene sistema de refrigeración. A nivel de cálculo, esto sería equivalente a suponer los porcentajes de superficie refrigerada en cada vivienda. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 6-16 Edificio 44 viviendas. Emisiones globales y calificación energética en función del porcentaje de superficie climatizada. Reducción de la superficie climatizada

Edificio	TOTAL kg CO ₂ /m ² año				Calificación energética			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	12.50	12.40	16.50	22.60	D	C	C	C
44_01_60% ref_sup_VyP	13.30	12.50	20.90	22.80	D	C	D	C
44_05	15.10	14.80	21.90	31.40	D	D	D	D
44_05_60% ref_sup_VyP	22.40	15.00	29.10	31.90	E	D	E	D

El motivo por el cuál los resultados son más desfavorables en el caso de realizar la simulación con CALENER VyP, considerando como hipótesis que el 60% de los espacios de la planta no están refrigerados, son incluso peores que suponiendo que todo el espacio está refrigerado es el siguiente: CALENER VyP considera que existe un espacio que tiene demanda de frío pero que ésta no está siendo suministrada por ningún sistema, y CALENER VyP asocia a estos espacios el sistema de frío de referencia. Si el sistema de refrigeración de referencia es peor que el del edificio objeto, las emisiones serán más elevadas.

Esto es así para evitar “picarescas” a la hora de obtener la calificación energética. En el caso extremo, un edificio sin sistemas, no tendría consumo ni emisiones y por lo tanto, podría obtener una calificación A. Pero no estaría cubriendo la demanda.

En CALENER VyP los espacios de un edificio residencial sólo pueden ser definidos como Acondicionados o No habitables. Un espacio No habitable implica que el espacio en cuestión no tiene las características necesarias para ser considerado habitable y por lo tanto no está acondicionado ni para calefacción, ni para refrigeración. En CALENER VyP no puedo definir que un espacio está condicionado para calefacción pero no para refrigeración. Por lo tanto, intentar mejorar la calificación reduciendo el espacio acondicionado para refrigeración no es una opción factible.

Ahora bien, existe otra posibilidad, CALENER VyP si es sensible a la potencia de los equipos que suministran calefacción o refrigeración. Para el caso que nos ocupa, si la superficie a refrigerar es menor, la potencia del equipo de frío de cada vivienda también será menor. De esta manera todos los espacios acondicionados tienen sistema de frío, pero éste tiene una potencia menor a la que le correspondería si la superficie refrigerada fuese del 100%.

Si realizamos la simulación en CALENER VyP con equipos que tengan una potencia de un 60% inferior los resultados son los siguientes:

Tabla 6-17 Edificio 44 viviendas. Emisiones globales y calificación energética en función del porcentaje de superficie climatizada. Reducción de la potencia de los equipos

Edificio	TOTAL kg CO ₂ /m ² año				Calificación energética			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	12.50	12.40	16.50	22.60	D	C	C	C
44_01_60% ref_pot_VyP	11.40	11.80	15.70	22.80	C	C	C	C
44_05	15.10	14.80	21.90	31.40	D	D	D	D
44_05_60% ref_pot_VyP	14.00	14.10	21.30	31.40	D	D	D	D

Estos resultados son ligeramente superiores a los obtenidos con el cálculo directo del 60% de las emisiones correspondientes a refrigeración. Evidentemente, esto es lógico porque el rendimiento de la máquina depende, entre otros parámetros, de la carga a la que trabaje la máquina y esto no se ha tenido en cuenta en el cálculo directo, pero sí que lo tiene en cuenta CALENER VyP.

Cabe decir que este procedimiento puede ser pervertido sin que CALENER VyP penalice esta acción. Es decir, se podría disminuir la potencia de la máquina hasta valores muy bajos para disminuir el consumo y por lo tanto las emisiones, y así conseguir una mejor calificación. Evidentemente, esto no es correcto y entra en conflicto con la ética profesional. Además en el documento administrativo aparece la potencia de los equipos introducidos y por lo tanto, se puede comprobar si el dimensionado de los mismos es correcto o no.

6.3.4 Mejora del COP de la bomba de calor en el escenario 5.

En los escenarios base, el COP de la bomba de calor para el escenario 5 era igual a 2,6. En este escenario se ha mejorado el COP del equipo hasta 3.5. Con esta mejora en el rendimiento del equipo, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 6-18 Edificio 44 viviendas. Emisiones globales y calificación energética en función del porcentaje COP de la bomba de calor para el escenario 5.

Edificio	TOTAL kg CO ₂ /m ² año				Calificación energética			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_05_COP_2.6	15.10	14.80	21.90	31.40	D	D	D	D
44_05_COP 3.5	13.20	13.90	21.10	31.80	D	D	D	D

Las emisiones disminuyen para todas las zonas climáticas excepto para la E1. En esta zona las emisiones son prácticamente iguales, hay un ligero aumento de un 1% en el caso de considerar un COP de 3.5. Las bombas de calor en edificios situados en zonas con alta severidad climática de invierno, como la E1, no tienen un buen funcionamiento porque las temperaturas exteriores en invierno son muy bajas.

Para el resto de zonas climáticas, las emisiones disminuyen hasta un 14% en el caso de la zona climática B4. Este porcentaje de reducción disminuye cuando aumenta la severidad climática de invierno.

A pesar de estas reducciones en las emisiones, la calificación energética obtenida no varía en ningún caso.

6.4 Análisis económico

En este apartado se realizará el análisis económico de los diferentes escenarios. Se tendrán en cuenta tanto los costes de instalación de los sistemas considerados en los diferentes escenarios como los costes derivados del consumo energético asociado a cada escenario.

Se determinarán y analizarán los siguientes indicadores:

- Coste de consumo, €/m²
- Coste de instalación, €/vivienda y €/m²
- Tiempo de retorno, años.
- Sobrecoste que supone el ahorro de un kg de CO₂ emitido (€/kg CO₂), teniendo en cuenta:
 - Costes de instalación
 - Coste total: costes de instalación + costes de consumo

6.4.1 Coste de consumo

Para determinar los costes derivados del consumo se han considerado las tarifas eléctricas y de gas natural en vigor, según el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Las tarifas consideradas son: 0.1104 €/kWh para el consumo de electricidad [ITC/386/2007] y 0.0513 €/kWh para el consumo de gas natural [RESOLUCIÓN 3/10/2007]. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los edificios y para cada escenario según la zona climática.

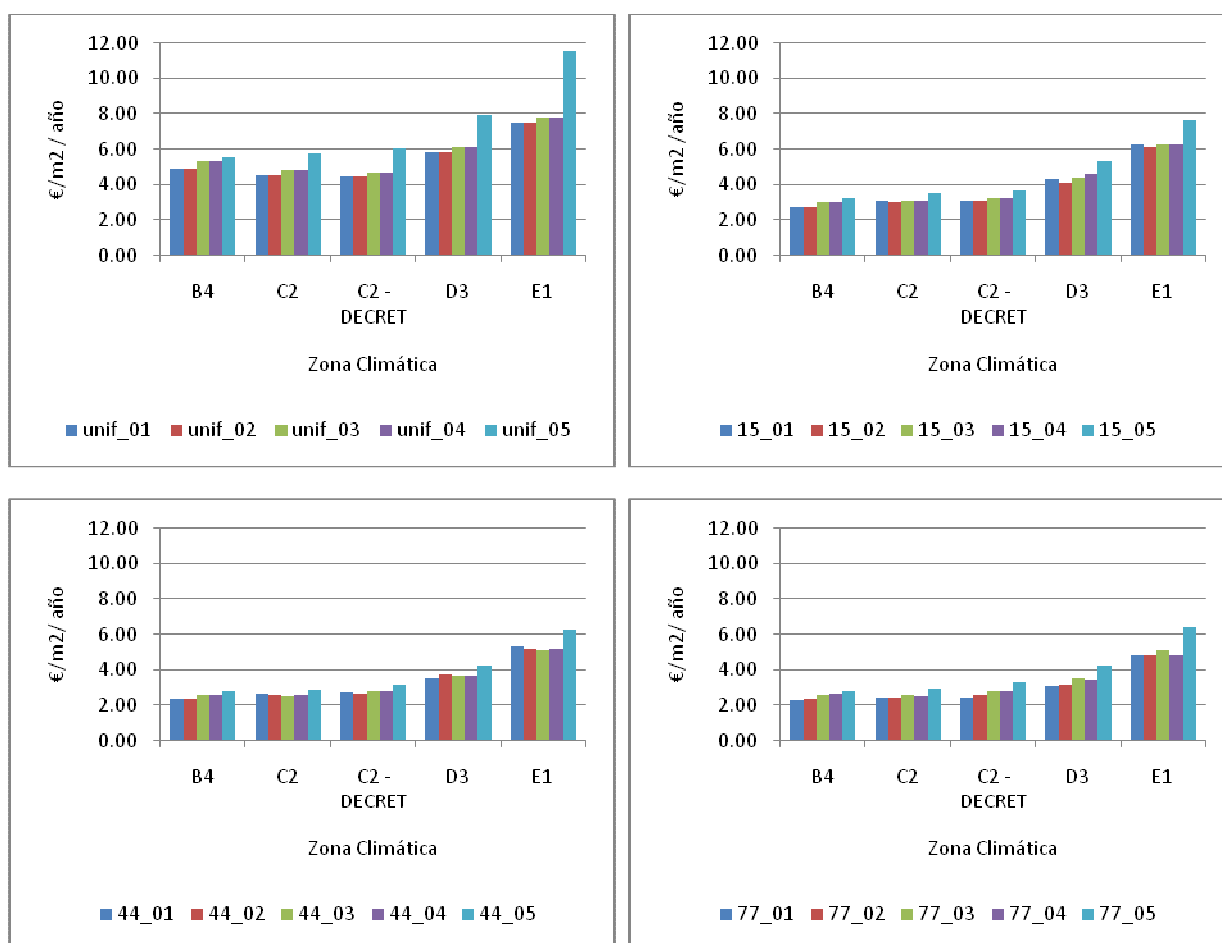


Figura 6-36 Costes de consumo para cada edificio en función del escenario y la zona climática

El análisis de los costes de consumo muestra que, los costes derivados del consumo energético son mucho mayores en una vivienda unifamiliar que una plurifamiliar. Además, como era de esperar, el escenario 5 (sólo eléctrico) tiene el coste más elevado para todos los edificios y zonas climáticas. Esto es debido a que la tarifa por kWh de electricidad consumido es mucho mayor, 0.1104 € en contra de los 0.0513 € del kWh de gas natural. Por lo tanto, el usuario de una vivienda que sólo consuma electricidad (escenario 5) para los usos de calefacción, refrigeración y ACS pagará más que un usuario que sólo consuma gas natural (escenario 1 y 2)

La zona climática con mayor consumo (E1) es la que tiene unos costes asociados más elevados para todos los edificios.

Los costes asociados a la zona climática C2-Decret, en el caso de la vivienda unifamiliar, son sensiblemente menores a los de la zona climática C2. Esto se debe al menor consumo en refrigeración de la zona climática C2-Decret y también, aunque en menor medida, al menor consumo de ACS. Como se ha explicado anteriormente el menor consumo en refrigeración es debido al menor factor solar de los huecos de las ventanas orientadas a sur y a oeste exigido por la normativa catalana. Así como el mayor porcentaje de aportación solar para el ACS. En el resto de edificios, los costes entre estas dos zonas climáticas son o muy parecidos (15 viviendas) o ligeramente superiores (44 y 77 viviendas). Como se ha explicado en el análisis de resultados de los consumos, para estos edificios la disminución en el consumo de refrigeración no compensa el aumento en el consumo de calefacción.

A continuación, se presentan los mismos datos de costes de consumo pero agrupados por escenarios

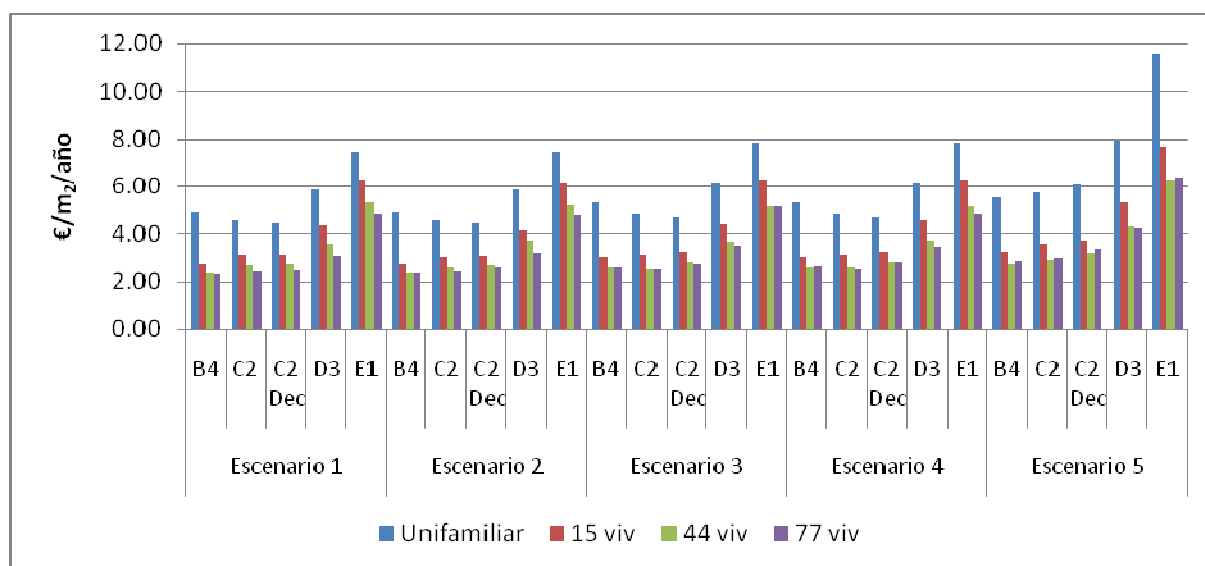


Figura 6-37 Costes de consumo para cada escenario en función del edificio y la zona climática

En esta gráfica se observa como los costes de consumo disminuyen con el número de viviendas, excepto para el escenario 5 que los costes del edificio de 77 viviendas son ligeramente superiores a los de 44 (como ocurría con las emisiones). En cualquier caso, se observa que los costes de consumo para la mayoría de escenarios y zona climática de los edificios de 44 y 77 viviendas son muy parecidos. La mayor diferencia se observa en el escenario 1 y 2 (calefacción y ACS a gas) para las zonas climáticas D3 y E1.

Los porcentajes de ahorro son diferentes en función del tipo de edificio y de zona climática. En la siguiente tabla se pueden ver los valores estimados de ahorro si comparamos los costes del escenario 1 con los costes del escenario 5.

Tabla 6-19 Porcentaje de ahorro obtenido comparando los costes de consumo del escenario 1 con los del escenario 5

Edificio	% de ahorro				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1
Unifamiliar	11.61	20.78	26.50	26.49	35.40
15 viviendas	15.02	12.46	15.67	18.06	18.24
44 viviendas	14.61	7.78	13.89	16.93	14.76
77 viviendas	18.21	18.01	25.54	27.33	24.39

El ahorro puede llegar hasta 35 % en el caso de la vivienda unifamiliar para la zona climática E1 (Burgos) o el 27% para el edificio plurifamiliar de 77 viviendas en la zona climática D3 (Madrid).

Así pues, desde el punto de vista del usuario es más económico que los diferentes usos de la vivienda sean abastecidos con gas natural.

6.4.2 Costes de instalación

El análisis económico no sería completo si no se incluyera los costes de instalación de los diferentes sistemas que suministran la energía necesaria para satisfacer la demanda de calefacción, refrigeración y ACS.

En el análisis de costes se han diferenciado 3 partidas:

1. Partida Calefacción.(Sistema de calefacción. Generación y distribución de calor).
2. Partida Energía Solar ACS (Sistema de energía Solar. Sistema desde campo de captación hasta la distribución a vivienda)
3. Partida Frío-Calor. (Sistema de climatización Frío o Calor según escenario)

A continuación se describen las tareas contabilizadas por cada una de las partidas.

a) Instalación Individual.

Para este tipo de instalación consideramos el siguiente material para cada una de las partidas:

- Partida de Calefacción:
 - Caldera mural mixta estanca de 24 KW
 - Salida de humos sistema biflujo
 - Acometida de Gas desde contador hasta entrada a vivienda.
 - Unidades terminales. Se han considerado alzada UT de 60 .
 - Válvulas termostáticas para los recintos nobles de las viviendas.
- Partida de energía Solar:
 - Acumulador de inercia ACS para vivienda
 - Sistema de energía Solar, considerando campo de captación y distribución hasta vivienda.
- Partida de Frío:

- Sistema de generación y distribución de frío/calor a vivienda. (Unidad condensadora, evaporadora y distribución).

b) Instalación Centralizada:

Para este tipo de instalación se ha considerado:

- Partida de calefacción:
 - Sala de máquinas⁽¹⁾
 - Salida de humos sala de calderas
 - Acometida de gas hasta sala de calderas.
 - Unidades terminales. Se ha considerado alzada UT de 60 Válvulas termostáticas para los recintos nobles de las viviendas.
- Partida de energía Solar-ACS:
 - Para el sistema centralizado a gas natural no se ha considerado un acumulador de ACS por vivienda, pero si un acumulador central ubicado en la sala de calderas.
 - Instalación desde campo de captación, local técnico y distribución a vivienda.
- Partida de Frío:
 - Sistema de generación y distribución de frío/calor a vivienda. (Unidad condensadora, evaporadora y distribución).

Hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

⁽¹⁾ En la partida de calefacción, en lo referente a la línea sala de máquinas, se ha considerado :

- Generación de calor mediante dos calderas de condensación a gas y estanques por cubrir la demanda de calefacción y la demanda de ACS simultánea.
- Distribución a vivienda calefacción y ACS mediante sistema distribución a 4 tubos.
- Unidades de intercambio energético para vivienda mediante intercambiador de placas de alta eficiencia.
- Contadores de energía por vivienda y con sus sondas de temperatura pertinentes.
- Contadores de agua para el ACS por vivienda.
- Valvulería registrable a montante por vivienda.

El precio por vivienda en lo referente a distribución térmica, tiene un precio aproximado en P.V.P. de 1100 €/vivienda.

El precio de las dos calderas centralizadas en P.V.P. de 10000 Euros. Esta cifra varía según las dimensiones de los edificios, en función de la potencia y el nº de viviendas.

En la partida sala de máquinas, el precio contempla:

- Generación de energía térmica
- Distribución.
- Acumulación inercia por ACS y calefacción Elementos de seguridad sala de calderas. (Detectores de gas, válvula de corte, alumbrado, puerta de seguridad, elementos secundarios para la ventilación, etc.. (segun RITE 2007).

A continuación se presentan los costes de instalación por vivienda para cada edificio según zona climática y escenario.

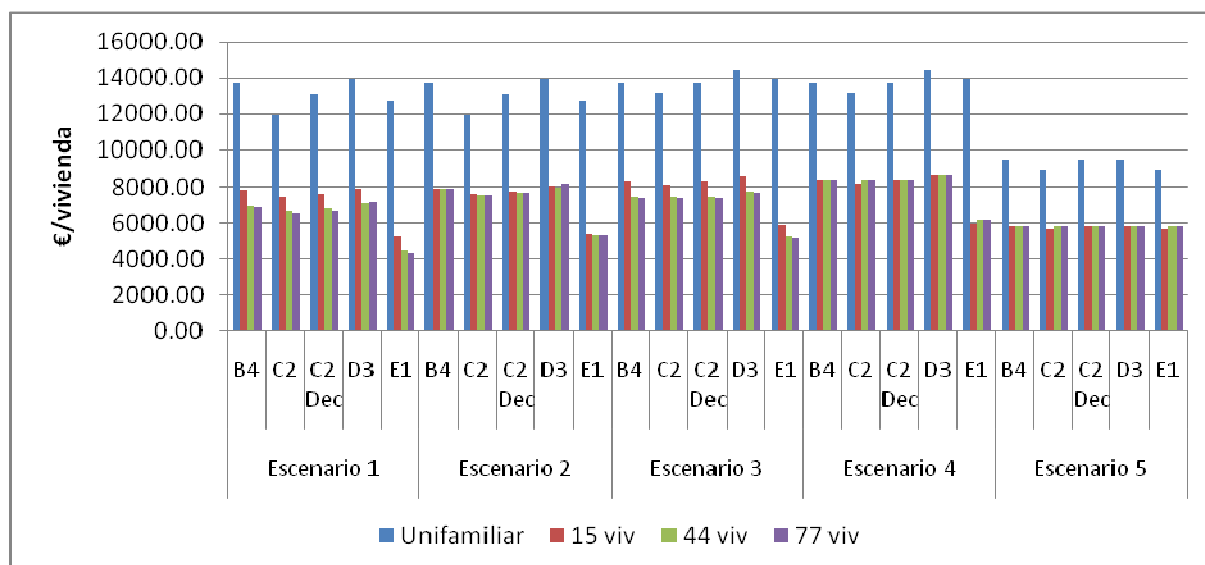


Figura 6-38 Costes de instalación para cada edificio en función del escenario y la zona climática.

Por supuesto, los costes de instalación para la vivienda unifamiliar son más elevados que para las viviendas que pertenecen a un edificio plurifamiliar. En el caso de la vivienda unifamiliar, los costes oscilan entre 12.000 y 14.000 €/vivienda en los escenarios 1, 2, 3 y 4 y entre 9.000 y 10.000 € para el escenario 5.

Por otro lado, para los edificios plurifamiliares, el coste de instalación por vivienda está entre 6.000 y 8.000 € para los escenarios del 1 al 4 excepto para la zona climática E1 que se encuentra entre 4.000 y 5.000 € por vivienda. En el caso del escenario 5, los costes están sobre los 6.000 € para todas las zonas climáticas.

En general, para todos los edificios, el escenario más económico es el escenario eléctrico, (escenario 5) excepto para la zona climática E1. En esta zona climática, en la que no hay demanda de refrigeración, el coste de una bomba de calor (escenario 5) es mayor que el coste de una caldera de gas (resto de escenarios).

También cabe destacar como el coste de instalación disminuye con el número de viviendas en los escenarios 1 y 3 (sistema de calefacción y ACS centralizado). Para los escenarios 2 y 4 (sistema de calefacción y ACS individual) los costes de instalación son muy parecidos para todos los edificios plurifamiliares.

Además, en todos los escenarios, los costes de instalación de los edificios de 44 y 77 viviendas son prácticamente idénticos, aunque existe una ligera disminución en el de 77 viviendas.

A continuación se analizará el indicador €/m² habitado, ya que el resto de indicadores, tanto de consumo energético como de emisiones, se ha tomado como referencia los m² habitados del edificio.

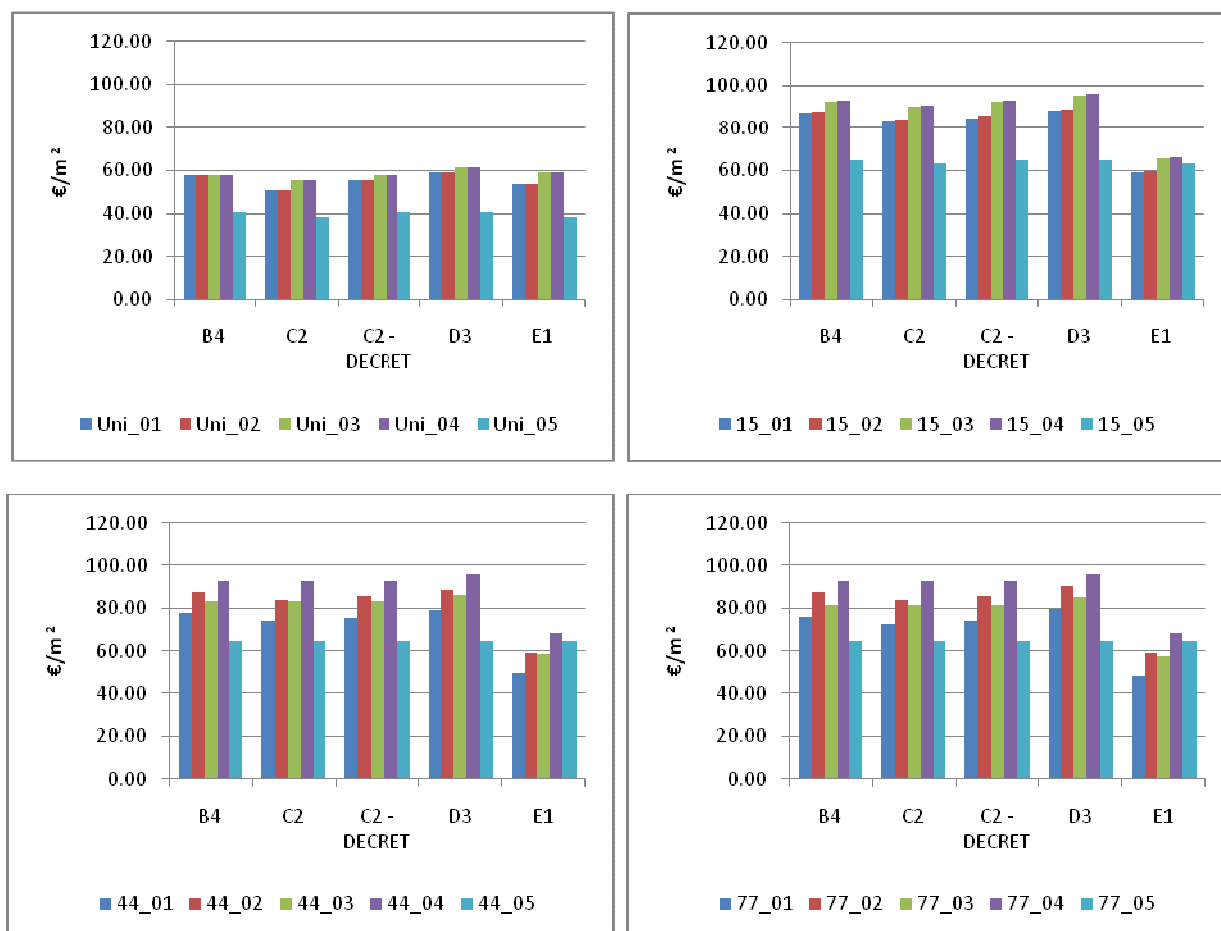


Figura 6-39 Costes de consumo para cada edificio en función del escenario y la zona climática

Para la vivienda unifamiliar cabe destacar los siguientes aspectos:

- En cuanto a la partida de calefacción, en las zonas D3 y E1 esta partida sube su precio, pues hay más demanda térmica para estas dos zonas que para C2, C2 Decreto y B4. (100W/m² vs 80W/m²).
- La partida de energía solar para las zonas dónde la cobertura de energía solar es del 70% (Ver Tabla 5-7) sube su precio de la instalación, pues se necesita aumentar el campo de captación por cubrir la aportación solar demandada. Los precios de los equipos de distribución y acumulación no varían.

Para el edificio de 15 viviendas cabe destacar los siguientes aspectos:

- La partida de energía solar encarece en las zonas C2, C2-decreto, B4 y D3, pues la aportación de energía solar es superior en estas zonas:
 - Las zonas C2 y E1, por normativa, deben de tener una cobertura solar del 30% (para sistemas con equipos auxiliares que utilizan gas como combustible) y del 63% de fracción solar (para sistemas auxiliares eléctricos).
 - C2 decreto, B4 y D3 la cobertura solar oscila desde el 50% para C2 decreto, 60% para D3 y 70% para B4 (Sistemas con equipos auxiliares que utilizan gas como combustible), y hasta el 70% (para sistemas auxiliares eléctricos).

- El escenario 5, que es un sistema todo eléctrico, varía ligeramente el ratio €/m², pues para las zonas C2 y E1 (63.06 €/m²), la cobertura solar es diferente respecto las otras zonas B4 D3 y C2 Decreto (65.10 €/m²). (Cobertura solar C2 y E1 63% vs B4 D3 y C2 70%).
- La partida de Calefacción se encarece para las zonas D3 y E1, pues la potencia a instalar por m² es superior vs a las zonas B4, C2 y C2 decreto (80 vs 100 W/m²).
- La zona climática E1 tiene menor coste de instalación por no necesitar sistema de refrigeración.

Para el edificio de 44 viviendas cabe destacar los siguientes aspectos:

- La partida de energía solar se encarece en las zonas C2 decreto, B4 y D3, pues la aportación de energía solar es superior en estas zonas.
- Las zonas C2 y E1, por normativa, deben de tener una cobertura solar del 30% (sistemas con equipos auxiliares que utilizan gas como combustible) y del 70% de fracción solar (para sistemas auxiliares eléctricos).
- C2 decreto, B4 y D3 la cobertura solar oscila desde el 55% para C2 decreto, del 70% por B4 y del 65% para D3 (sistemas con equipos auxiliares que utilizan gas como combustible), y hasta el 70% (para sistemas auxiliares eléctricos).
- El escenario 5, que es un sistema todo eléctrico, varía el ratio €/m², pues para las zonas C2 y E1 (63.06 €/m²), la cobertura solar es diferente respecto las otras zonas B4 D3 y C2 Decreto (65.10 €/m²). (Cobertura solar 63%Vs 70%).
- La partida de Calefacción se encarece para las zonas D3 y E1, pues la potencia a instalar por m² es superior vs a las zonas B4 C2 y C2 decreto (80 vs 100 W/m²).
- La zona climática E1 tiene menor coste de instalación por no necesitar sistema de refrigeración.

Para el edificio de 77 viviendas cabe destacar los siguientes aspectos:

- La partida de energía solar encarece en las zonas C2 decreto, B4 y D3, pues la aportación de energía solar es superior en estas zonas.
- Las zonas C2 y E1, por normativa, deben tener una cobertura solar de 45% (sistemas con equipos auxiliares que utilizan gas como combustible) y del 70% de fracción solar (para sistemas auxiliares eléctricos). C2 decreto, B4 y D3 la cobertura solar oscila desde el 65% para C2 decreto, del 70% por B4 y por D3 (sistemas con equipos auxiliares que utilizan gas como combustible), y hasta el 70% (para sistemas auxiliares eléctricos).
- El escenario 5, que es un sistema todo eléctrico, no varía el ratio €/m², pues para todas las zonas (65.10 €/m²), la cobertura solar es la misma. (Cobertura solar 70%).
- La partida de Calefacción se encarece para las zonas D3 y E1, pues la potencia a instalar por m² es superior vs a las zonas B4, C2 y C2 decreto (80 vs 100 W/m²).
- La zona climática E1 tiene menor coste de instalación por no necesitar sistema de refrigeración.

6.4.3 Tiempo de retorno de la inversión respecto el escenario 5.

Si comparamos los diferentes escenarios con el 5 (todo eléctrico), se puede observar que, en la mayoría de zonas climáticas, la instalación del escenario 5 (todo eléctrico) es más barata que la del resto de escenarios. Esto es así excepto en la zona climática E1 (máxima severidad climática de invierno). Por el contrario, el coste de consumo es inferior en el caso del resto de escenarios si los comparamos con los del escenario 5 (todo eléctrico). Por lo tanto, se puede calcular el tiempo necesario para recuperar la inversión.

Se ha calculado la tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión. El TIR se define como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto es igual a cero. Cuando el TIR es mayor que la tasa de interés, el rendimiento que obtendría el inversionista

realizando la inversión es mayor que el que obtendría en la mejor inversión alternativa, por lo tanto, conviene realizar la inversión. Si la TIR es menor que la tasa de interés, el proyecto debe rechazarse. Cuando la TIR es igual a la tasa de interés, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no. Se ha calculado el tiempo que es necesario para que el TIR sea igual a 0, es decir, en este periodo se recupera la inversión realizada.

Para calcular el TIR se ha considerado una tasa igual al 4% anual, la inversión es igual a la diferencia de costes de instalación de cada escenario respecto al escenario 5. Los flujos de caja son los ahorros económicos asociados al consumo de cada escenario respecto al escenario 5.

Se presentan los resultados para los edificios unifamiliar, 15 y 77 viviendas. Como se ha visto en los apartados anteriores, en los que se han analizado los costes de consumo y de instalación, estos eran muy similares para los edificios de 44 y 77 viviendas. Así, para simplificar, sólo se mostraran los resultados obtenidos para el edificio de 77 viviendas, suponiendo que los resultados para el edificio de 44 viviendas serían similares o del mismo orden de magnitud.

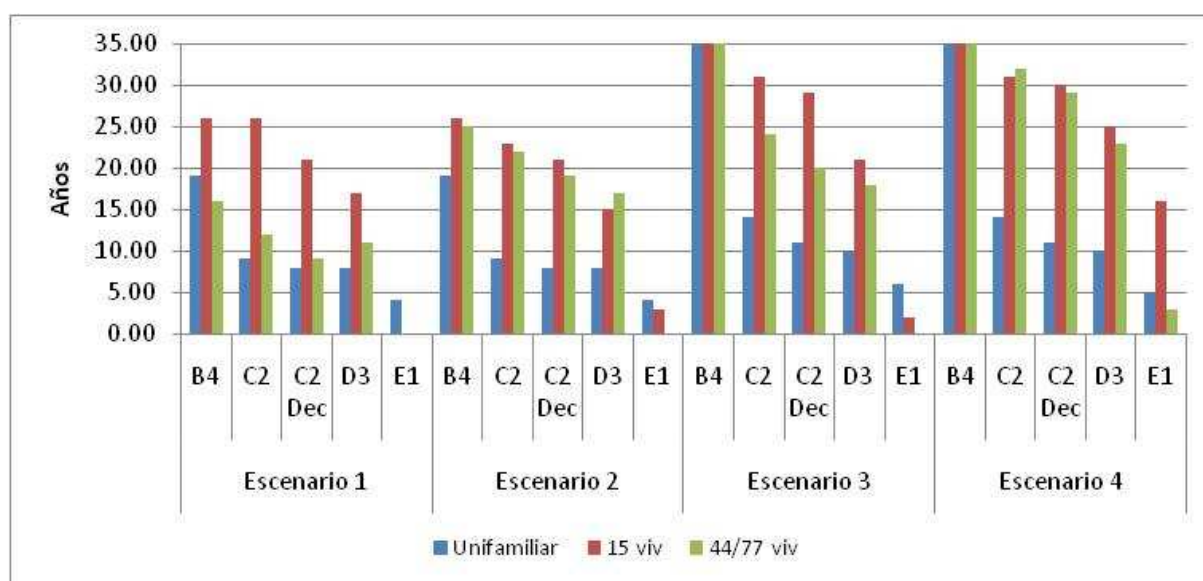


Figura 6-40 Años en los que se recupera la inversión, $r = 4\%$. Inversión: sobrecoste de la instalación "i" respecto a la instalación del escenario "5". Flujo de caja = ahorro en el coste de consumo del escenario "i" respecto al escenario "5"

En la figura se puede ver como el escenario 1 (todo gas) es el que tiene menor tiempo de retorno. Además este disminuye con el número de viviendas en el caso de los plurifamiliares. También se observa una clara disminución del tiempo de retorno cuando disminuye la severidad climática de verano, excepto por los edificios de 15 que tiene un tiempo de retorno igual en C2 que en B4. Hay que recordar que los edificios situados en la zona climática E1 no necesitan sistema de refrigeración, esto hace que los costes de instalación sean menores y, por lo tanto, el tiempo de retorno de la inversión pueda llegar a ser, incluso, negativo. Esto es así debido a que la inversión es menor para el escenario 1 que para el 5. Es obvio que, una instalación completamente eléctrica en zonas sin necesidad de refrigeración es completamente inviable. Los resultados negativos no se han incluido en la gráfica.

Cuando el consumo de refrigeración es mayor, el potencial de ahorro es menor, ya que en todos los escenarios el equipo de refrigeración es eléctrico. El tiempo de retorno para los edificios plurifamiliares oscila entre 8 años para el edificio de 77 viviendas en la zona climática C2-Decret y los 26 para el edificio de 15 viviendas en las zonas climáticas B4 y C2. Evidentemente, el menor tiempo de retorno es para la zona climática E1, en el que los costes de instalación son menores para el escenario 1.

El tiempo de retorno para la vivienda unifamiliar es mucho menor que en los edificios plurifamiliares. Esto es así debido al mayor consumo de este tipo de vivienda, por lo tanto, el ahorro conseguido en el consumo es mayor. El coste de la instalación, como se ha visto anteriormente, es mayor para las viviendas unifamiliares si se considera el coste por vivienda. Sin embargo, el coste de instalación por m^2 es menor, ya que la vivienda unifamiliar tiene más superficie habitada que la vivienda de un edificio plurifamiliar. Para hacer el cálculo del retorno de la inversión, se ha considerado el coste por m^2 habitado para que la unidad de referencia en todos los parámetros que intervienen en el cálculo fuera la misma, es decir, m^2 habitados.

Para el edificio con mayor número de viviendas, 77 viviendas, si la instalación de calefacción y ACS es individual (escenario 2), el tiempo de retorno aumenta, respecto al obtenido en el escenario 1. Esto es así por el mayor coste de instalación de este tipo de sistemas. La evolución según la zona climática es la misma que para el escenario 1, es decir el tiempo de retorno disminuye con la severidad climática de verano.

Para los escenarios en los que el sistema de apoyo de ACS es eléctrico (escenarios 3 y 4) el tiempo de retorno es todavía mayor, porque el ahorro en el consumo respecto al escenario 5 es menor.

En el caso de las zonas climáticas con mayor necesidad de refrigeración, como B4, el tiempo de retorno para los escenarios 3 y 4 supera los 35 años. Está claro que, desde un punto de vista sólo económico, el sobrecoste de la instalación de gas no es rentable en los edificios plurifamiliares de estas zonas climáticas. Ahora bien, si se asociaran a las emisiones de CO_2 un coste económico, probablemente, el tiempo de retorno disminuiría considerablemente.

6.4.4 Sobrecoste del ahorro de un kg de CO_2 teniendo en cuenta los costes de la instalación

En este apartado se presentan los resultados obtenidos al calcular el sobrecoste en la instalación que supone el ahorro de un kg de CO_2 no emitido a la atmósfera. (€/kg CO_2)

Se ha calculado siguiendo la siguiente expresión:

$$\frac{(\text{Coste instalación del escenario "i"} - \text{coste instalación escenario 5})}{(\text{Emisiones } CO_2 \text{ del escenario 5} - \text{Emisiones de } CO_2 \text{ escenario "i"})}$$

Para que la escala temporal fuera la misma, se ha considerado el tiempo de vida útil de cada tipo de instalación. Así, para el sistema de calefacción (caldera), el tiempo útil es 10 años. Para un sistema de refrigeración eléctrico, el tiempo de vida útil es 15 años y, por último, el de la instalación solar, se ha considerado 25 años. Así el coste de cada una de las instalaciones se ha dividido por los años de vida útil, obteniendo los €/m²/año. Los resultados obtenidos se pueden ver en la siguiente gráfica

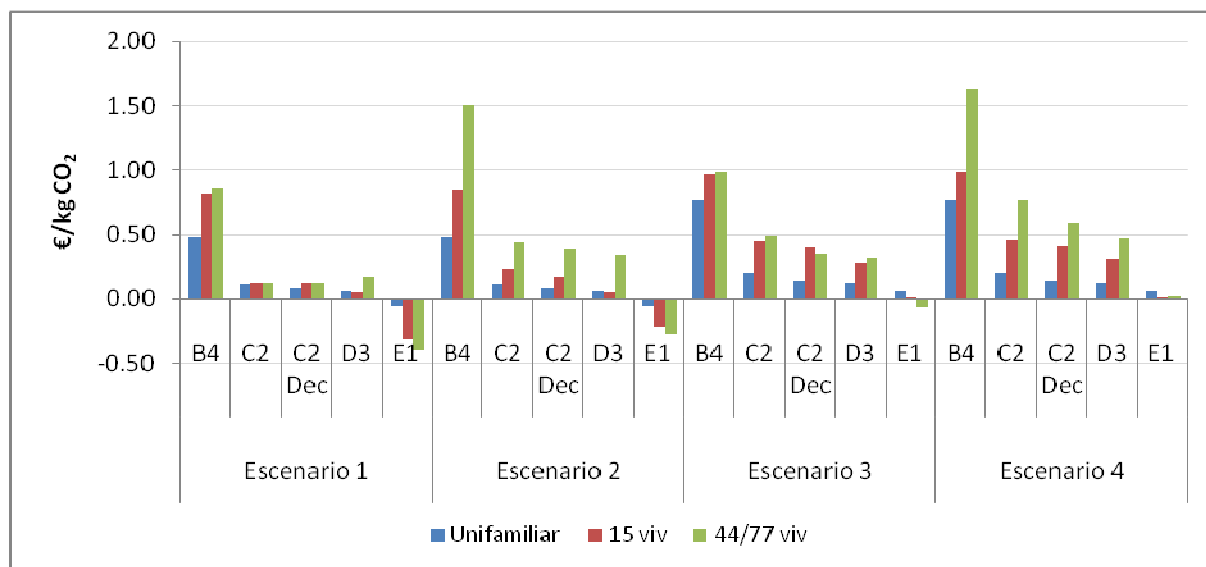


Figura 6-41 Sobrecoste del ahorro de un kg de CO₂ (€/kg CO₂) de cada escenario respecto al escenario 5 (todo eléctrico), teniendo en cuenta costes de instalación.

En la gráfica anterior se puede observar como para todos los edificios, el menor “sobrecoste” para ahorrar un kg de emisiones de CO₂ respecto a las emisiones del escenario 5 es para el escenario 1. El coste de ahorrar un kg de CO₂ depende de la zona climática. Así para B4 el coste es mucho mayor que para el resto de zonas climáticas, con menor demanda de refrigeración. Siendo el caso extremo, la zona climática E1. En esta zona climática, incluso el coste puede ser negativo, ya que, como se ha visto anteriormente, es más caro instalar un sistema de calefacción – refrigeración eléctrico, que un sistema de calefacción con gas natural, ya que esta zona climática no necesita equipo de refrigeración.

El menor coste es para la vivienda unifamiliar y el mayor para el edificio de 77 viviendas porque el ahorro para la vivienda unifamiliar es mayor que para el edificio de 15 o 77 viviendas. Se observa que la diferencia del coste de ahorrar un kg de CO₂ de emisión en función del número de viviendas es mayor en los escenarios que consideran suministro de calefacción individual. (escenarios 2 y 4). En los escenarios con suministro de calefacción y ACS centralizado las diferencias entre los edificios plurifamiliares es mucho menor.

Sin tener en cuenta, la zona climática E1 (Burgos):

- Para la vivienda unifamiliar el coste oscila entre 0.06 €/ kg CO₂ para la zona climática D3 y escenario 1 a 0.77 €/ kg CO₂ para la zona climática B4 y escenario 4.
- Para el edificio de 15 viviendas el coste de ahorrar un kg de CO₂ oscila entre 0.06 €/ kg CO₂ para la zona climática D3 y escenario 1 a 0.99 €/kg CO₂ para la zona climática B4 y escenario 4.
- Para el edificio de 77 viviendas el coste de ahorrar un kg de CO₂ oscila entre 0.17 €/ kg CO₂ para la zona climática D3 y escenario 1 a 1.64 €/ kg CO₂ para la zona climática B4 y escenario 4.

6.4.5 Sobrecoste del ahorro de un kg de CO₂ teniendo en cuenta los costes de consumo y los de la instalación

Los resultados del apartado anterior no tienen en cuenta los costes de consumo que, como se ha visto en el apartado 6.4.1 son inferiores para los escenarios que utilizan gas natural para la calefacción y el ACS.

Así, en este apartado se presentan los resultados obtenidos al calcular el sobrecoste que supone ahorrar 1 kg de CO₂ emitido a la atmósfera (€/kg CO₂) teniendo en cuenta, tanto los costes de la

instalación como los costes de consumo.

Se ha calculado siguiendo la siguiente expresión:

$$\frac{(\text{Coste total del escenario "i"} - \text{coste total del escenario 5})}{(\text{Emisiones CO}_2 \text{ del escenario 5} - \text{Emisiones de CO}_2 \text{ escenario "i"})}$$

Donde el coste total de cada escenario es la suma de los costes de instalación más los costes de consumo. Hay que tener en cuenta que los costes de la instalación de los diferentes sistemas se han repercutido de forma equitativa en los años de vida de cada equipo. Así los dos tipos de costes se basan en la misma referencia temporal, es decir, el año. Los resultados obtenidos se pueden ver en la siguiente gráfica

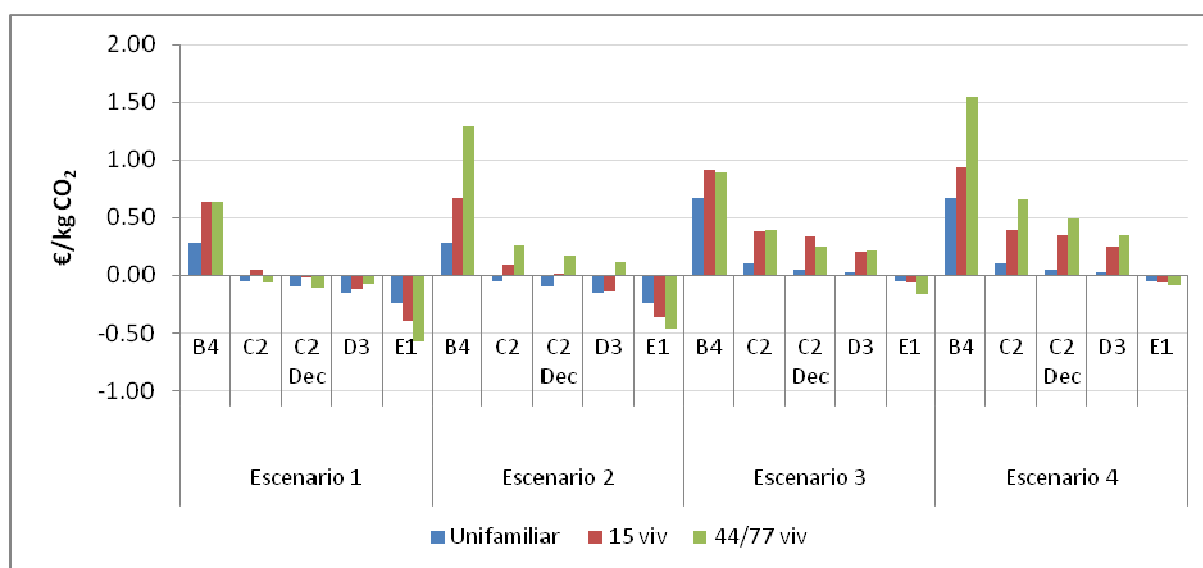


Figura 6-42 Sobrecoste del ahorro de un kg de CO₂ (€/kg CO₂) de cada escenario respecto al escenario 5 (todo eléctrico), teniendo en cuenta costes de instalación y costes de consumo

Se puede observar como, al incluir los costes de consumo, el sobrecoste disminuye considerablemente, pasando a ser, incluso negativo en el escenario 1 para todas las zonas climáticas excepto B4.

En general, el sobrecoste aumenta con el número de viviendas y disminuye con la severidad climática de verano. Es decir, en las zonas climáticas en las que el consumo de refrigeración es mayor (B4) el coste que supone ahorrar un kg de CO₂ emitido a la atmósfera también es mayor.

Por supuesto, los escenarios que suponen un menor coste siguen siendo los escenarios que consumen gas natural para satisfacer las demandas de calefacción y refrigeración. (Escenarios 1 y 2) Del mismo modo, el escenario con suministro centralizado (escenario 1) tiene un menor coste que el escenario que supone suministro individual (escenario 2). Esto es debido al mayor coste de instalación del sistema individual.

7 Conclusiones

7.1 Escenarios CALENER VyP

Los edificios con más número de viviendas son, en general, con la misma composición de cerramientos, más eficientes que los edificios pequeños, siendo el extremo la vivienda unifamiliar. (Ver Figura 7-1 y Figura 7-4). La demanda energética por unidad de superficie habitada es menor ya que, en general, la superficie de la piel del edificio por m^2 habitado es menor y por lo tanto, las pérdidas y las ganancias térmicas también son menores que en el caso de edificios con menor número de superficie habitada. Evidentemente, esto dependerá de la compacidad del edificio, así los edificios más compactos son más eficientes.

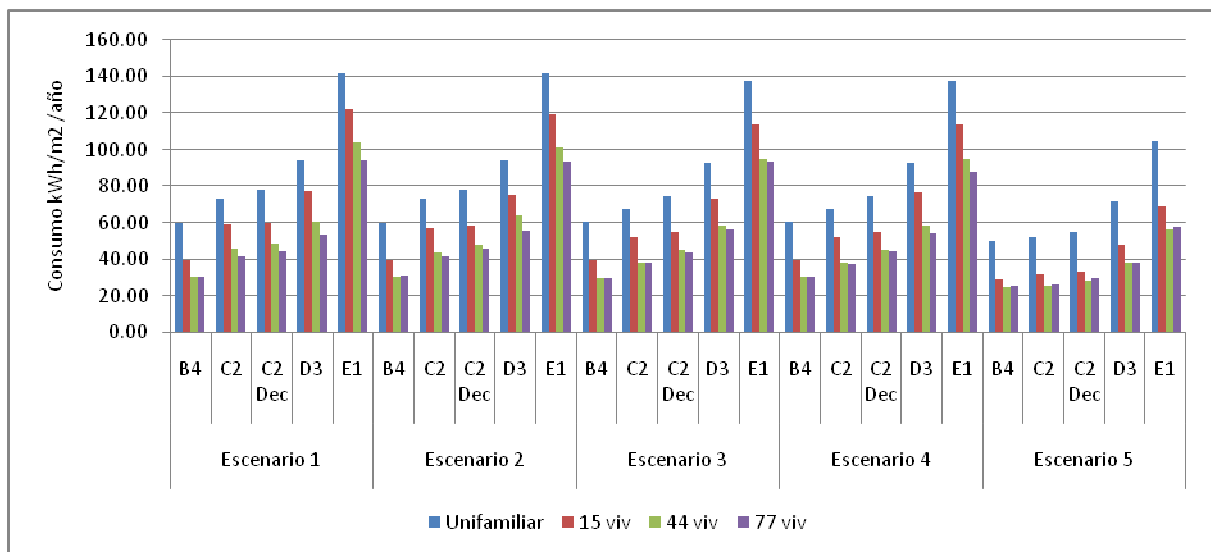


Figura 7-1 Consumo de energía final para todos los escenarios estudiados según tipología de edificio y zona climática

Hay que tener en cuenta que en la figura anterior, el consumo de energía eléctrica (kWh eléctrico) y el consumo de gas natural (kWh térmico) están sumados directamente.

Puede sorprender, a priori, que el consumo de energía eléctrica en el caso del escenario 5 sea inferior que en el resto de escenarios para todos los edificios. Pero la explicación es bien sencilla, esto es así porque el COP de los equipos utilizados en el escenario 5, bomba de calor, es de aproximadamente 2.5. Esto significa que por cada 2.5 kWh térmicos que produzco sólo consumo 1 kWh eléctrico.

Sin embargo, cuando la calefacción se realiza con gas natural (resto de escenarios) sólo produzco 0.9 kWh térmicos por cada kWh térmico que consumo (en términos de consumo de gas natural). Esto es así porque el rendimiento de la caldera utilizada es 0.9 y por lo tanto, el consumo es superior.

Como esto puede llevar a confusión se han realizado las siguientes gráficas separando los consumos de kWh térmico (gas natural) y los de kWh eléctricos (electricidad) en función de los escenarios. Para simplificar, sólo se representan los escenarios 1, 3 y 5, ya que los escenarios 2 y 4 son equivalentes al 1 y al 3 pero el suministro es individual.

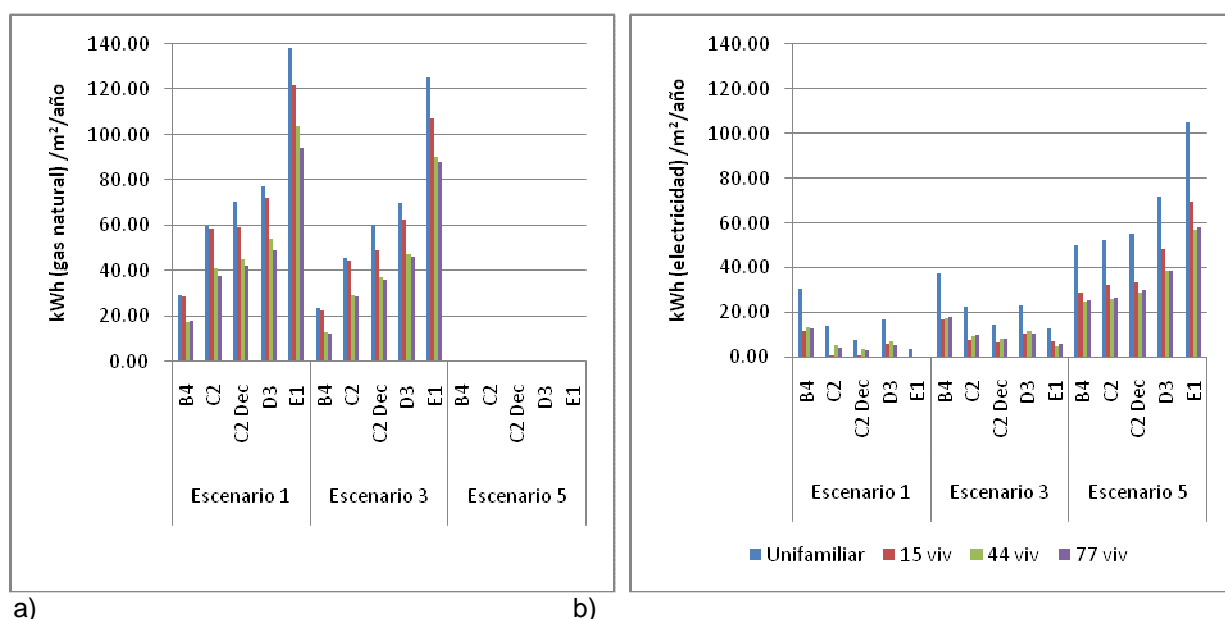


Figura 7-2 Consumo de energía final para todos los escenarios. a) kWh térmicos (gas natural) y b) kWh eléctricos (electricidad)

Así se observa que, por supuesto, en el escenario 5 no hay consumo de gas natural ya que la única fuente de energía utilizada es la electricidad. En el caso del escenario 1, el único consumo de electricidad es para la refrigeración y en el escenario 3 también hay que añadir el consumo de agua caliente sanitaria.

Al considerar las emisiones de CO₂, que es el parámetro que utiliza CALENER VyP para calificar energéticamente el edificio, ahora sí que el escenario 5 resulta fuertemente perjudicado. Esto es así porque hay que tener en cuenta de dónde proviene la energía eléctrica utilizada. Así, según el mix eléctrico español, para producir un kWh se emiten 0.65 kg de CO₂. Sin embargo, para producir un kWh térmico con gas natural el factor de emisiones es 0.21 aproximadamente. Los factores de emisión son los que utiliza la metodología oficial de calificación, CALENER VyP.

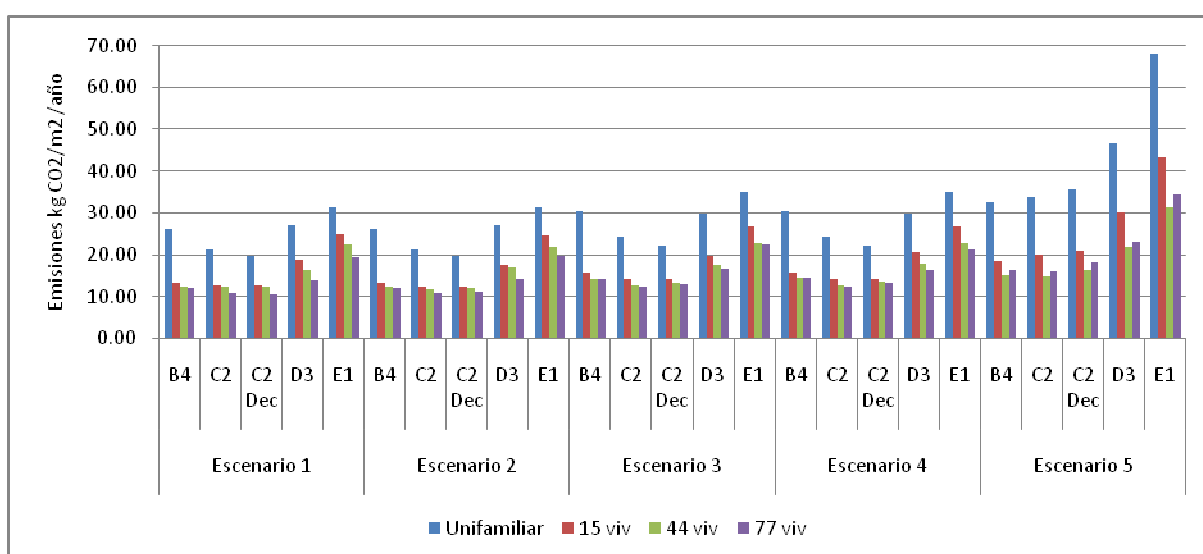


Figura 7-3 Emisiones de CO₂ para todos los escenarios estudiados según tipología de edificio y zona climática

En todos los edificios estudiados, las emisiones aumentan con la severidad climática de invierno, debido al incremento en la demanda de calefacción. En el caso de la zona climática B4, el menor consumo en calefacción se ve compensado por el mayor consumo en refrigeración. Esto hace que las emisiones sean muy similares a las de la zona climática C2. (Ver Figura 7-3 y Figura 7-5).

Las emisiones de los edificios en la zona climática C2-Decret son muy similares a las emisiones de los edificios en la zona climática C2, sobretodo para los edificios plurifamiliares.

En el caso de la vivienda unifamiliar, las emisiones asociadas a C2-Decret son ligeramente inferiores a las de C2. Esto lleva, incluso, a una mejora en la calificación de los escenarios 1 y 2, pasando de una D a una C. Esto se así porque, en la vivienda unifamiliar, el peso de la refrigeración es mayor (Ver Figura 7-6 y Figura 7-7). Por este motivo, cualquier actuación en el sentido de disminuir la demanda de refrigeración tendrá un mayor impacto en las emisiones finales. Hay que recordar que, en la normativa catalana, el factor solar modificado de las ventanas orientadas a sur y a oeste (+/- 90°) será de 0.35 sea cual sea el porcentaje de vidrio de la fachada.

Por el contrario, en los edificios plurifamiliares, el consumo mayoritario, para la mayoría de zonas climáticas, es la calefacción. Así una medida dirigida a disminuir las ganancias solares de los huecos hará aumentar el consumo en calefacción. Y, si la disminución en el consumo de refrigeración, no es suficiente, las emisiones globales aumentarán.

Otra medida de la normativa catalana que tiene un impacto positivo en las emisiones finales es el mayor porcentaje de aportación solar al suministro de ACS. Esto siempre es positivo, en cualquier edificio y zona climática. A pesar de esto, este uso es el minoritario en todos los edificios y el impacto final en las emisiones globales no compensa el aumento en las emisiones por calefacción, según la metodología utilizada, CALENER VyP.

El resto de parámetros que considera la normativa catalana U de los cerramientos y ventanas no tiene demasiada influencia en el resultado final porque los valores son bastante parecidos a los que considera el DB-HE1.

A continuación, se muestran los valores máximo y mínimo de consumo de energía final para cada zona climática y tipología de edificio.

Tabla 7-1 Intervalo de consumo de energía (kWh/m²/año) para cada zona climática y tipología de edificio

Zona climática	B4		C2		C2 - Decret		D3		E1	
Tipología	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
Unifamiliar	60.50	50.20	73.20	52.20	78.00	55.00	94.30	72.00	141.90	104.90
15 viviendas	40.00	29.00	59.50	32.20	59.80	33.40	77.90	48.10	122.10	69.40
44 viviendas	30.80	25.10	46.00	26.20	48.80	28.70	64.10	38.70	104.00	56.70
77 viviendas	31.50	25.70	42.20	26.80	46.40	30.00	56.40	38.50	94.20	57.90

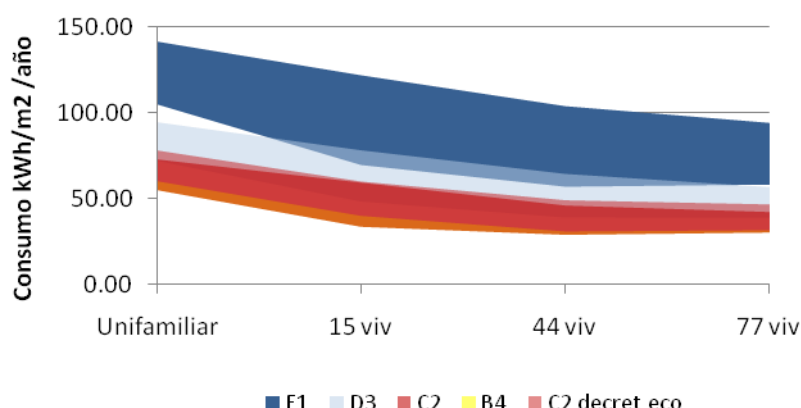


Figura 7-4 Evolución del consumo energético para cada zona climática según el número de viviendas

Se puede ver como existe clara tendencia a la disminución del consumo cuando el número de viviendas es mayor. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que los edificios estudiados son muy diferentes entre sí, desde un punto de vista geométrico. Así la disminución en el consumo no tiene porque ser proporcional al número de viviendas

Tabla 7-2 Intervalo de emisiones de CO₂ (kg CO₂ /m²/año) para cada zona climática y tipología de edificio

Zona climática	B4		C2		C2 - Decret		D3		E1	
Tipología	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
Unifamiliar	32.70	26.10	33.90	21.30	35.80	19.80	46.70	27.20	68.10	31.30
15 viviendas	18.50	13.30	20.20	12.30	20.90	12.40	30.30	17.70	43.30	24.80
44 viviendas	15.10	12.40	14.80	11.90	16.30	12.00	21.90	16.50	31.40	21.90
77 viviendas	14.50	12.00	12.40	10.90	18.10	10.70	16.70	13.80	22.40	19.60

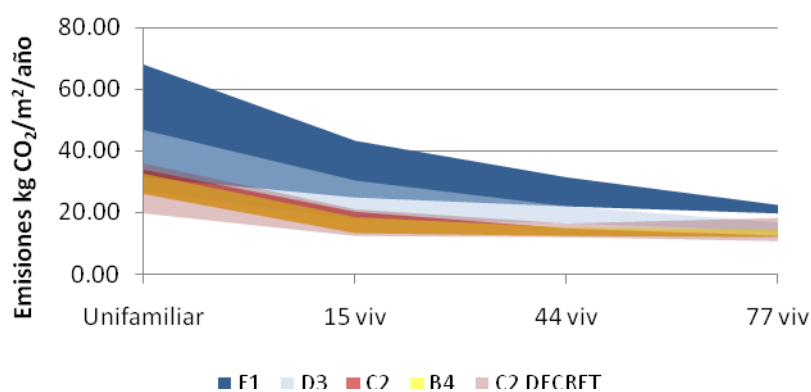


Figura 7-5 Evolución de las emisiones de CO₂ para cada zona climática según el número de viviendas

Para obtener estos resultados, en cuanto a emisiones, se han descartado todos los casos del escenario 5 (sólo energía eléctrica) en el edificio de 77 viviendas, porque se obtienen valores superiores a los del edificio de 44 viviendas, y distorsionan la evolución de resultados. Esto no ocurre cuando se trata de ver la evolución del consumo. El consumo del edificio de 77 viviendas es inferior al de 44 viviendas en todos los escenarios excepto en el escenario 5, que son muy parecidos o ligeramente superiores.

Recordemos que los escenarios estudiados con el software CALENER VyP son los siguientes:

Tabla 7-3 Escenarios CALENER VyP

Edificio	Parámetros escenario			
	Suministro	Calefacción	Refrigeración	ACS
xx_01	Centralizado	Gas Natural	Electricidad	Gas Natural
xx_02	Individual	Gas Natural	Electricidad	Gas Natural
xx_03	Centralizado	Gas Natural	Electricidad	Electricidad
xx_04	Individual	Gas Natural	Electricidad	Electricidad
xx_05	Individual	Electricidad	Electricidad	Electricidad

En cuanto al análisis de los escenarios estudiados, las emisiones asociadas a los escenarios con suministro de calefacción centralizado o individual son muy similares. No se aprecian diferencias significativas, sobretodo en el caso de los escenarios que utilizan energía eléctrica como energía de apoyo a la solar para el suministro de ACS.

En la Tabla 7-4 se presentan las calificaciones obtenidas por todos los edificios en todos los escenarios y zonas climáticas:

Tabla 7-4 Resumen de las calificaciones.

Escenario	B4				C2				C2 - Decret				D3				E1			
	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77
Esc 1	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	D	D	C	C	C	C	C	C
Esc 2	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	D	D	C	C	C	C	C	C
Esc 3	E	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	C	D	C	C
Esc 4	E	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	C	D	C	C
Esc 5	E	E	D	D	E	E	D	D	E	E	D	E	E	E	D	D	E	E	D	D

Para los edificios plurifamiliares y las zonas climáticas C2, D3 y E1 los escenarios que utilizan gas natural para la calefacción y el ACS obtienen una mejor calificación energética, C, que los escenarios que utilizan gas natural para la calefacción y electricidad como energía de apoyo al ACS, que obtienen una D. En el caso de la zona climática D3 para el edificio de 15 viviendas, la calificación obtenida es una D, en vez de una C, sólo por décimas.

En el caso de la zona climática B4, aunque las emisiones son menores, todos los escenarios que consideran calefacción con gas natural y ACS con gas natural obtienen una D. Si el ACS es eléctrico la calificación desciende hasta la E. Esto es debido a la mayor demanda de refrigeración en esta zona climática. El equipo utilizado para satisfacer la demanda de refrigeración es de expansión directa sólo frío aire-aire, que consume energía eléctrica y esto penaliza el balance de emisiones globales.

Se observa que los edificios situados en la zona climática E1 son los que obtienen mejor calificación energética en todos los escenarios y los situados en la zona climática B4, son los que obtienen peor calificación.

Las calificaciones obtenidas en la zona C2-Decret son idénticas a las obtenidas en C2 excepto para la vivienda unifamiliar en el escenario 1 y 2 (sólo gas natural), en las que C2 –Decret obtiene una mejor calificación. El otro caso en el que la calificación es diferente es para el edificio de 77 viviendas y el escenario 5 (todo eléctrico). En este caso la calificación es peor si se considera la zona C2-Decret.

En todos los edificios el mejor escenario es el que considera la calefacción (centralizada o individual)

con gas natural y el sistema de apoyo para el ACS también con gas natural.

El peor escenario es el que considera que la única energía consumida en el edificio es la electricidad.

Los intervalos de los porcentajes de consumo para cada uso oscilan entre los siguientes valores:

Tabla 7-5 Intervalos de los porcentajes de consumo para edificio, uso y zona climática

Uso	B4				C2				D3				E1			
	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77
Calefacción	32-38	42-57	30-42	29-41	61-67	75-85	64-75	62-74	71-75	76-86	70-80	71-81	87-91	88-94	85-95	89-94
Refrigeración	51-55	28-39	43-53	42-48	19-22	2-3	13-20	11-17	18-20	6-12	12-18	9-14	2 2	-	-	-
ACS	11 13	14-19	14-17	17-23	13-19	13-23	11-16	14-23	7 9	8-12	7-12	10 15	7 11	6-12	5-12	6-11

En las siguientes gráficas se observa la evolución de los pesos del consumo de cada uso en función del número de viviendas respecto al consumo global del edificio. Se representan los valores máximos y mínimos de porcentaje en peso obtenidos en los escenarios estudiados.

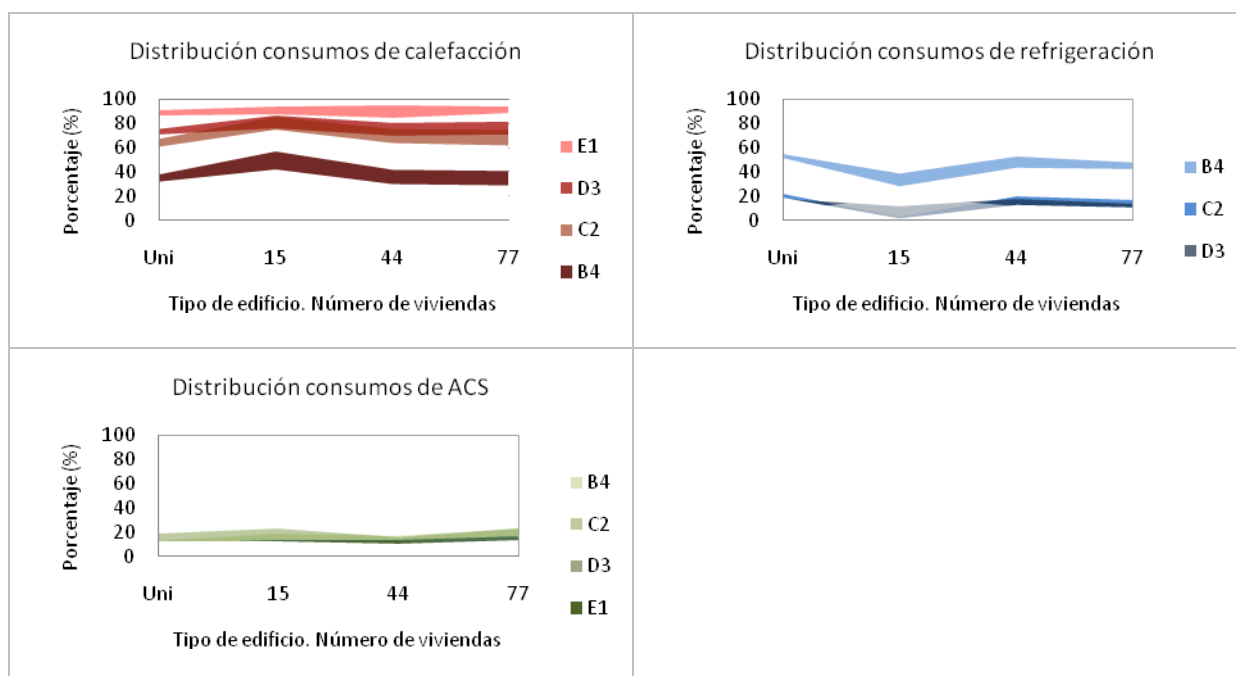


Figura 7-6 Intervalos de los porcentajes de consumo de energía por edificio, uso y zona climática

En cuanto a la distribución de consumos y emisiones, hay que destacar que la calefacción es el uso más importante en todos los edificios y escenarios para todas las zonas climáticas, excepto para B4 (Sevilla).

El uso con menor consumo es el Agua Caliente Sanitaria en todos los edificios y en todos los escenarios y para todas las zonas climáticas. Los rangos de consumo de energía para ACS oscilan entre el 5 y el 23 % en función de la zona climática, tipo de edificio y sistemas utilizados.

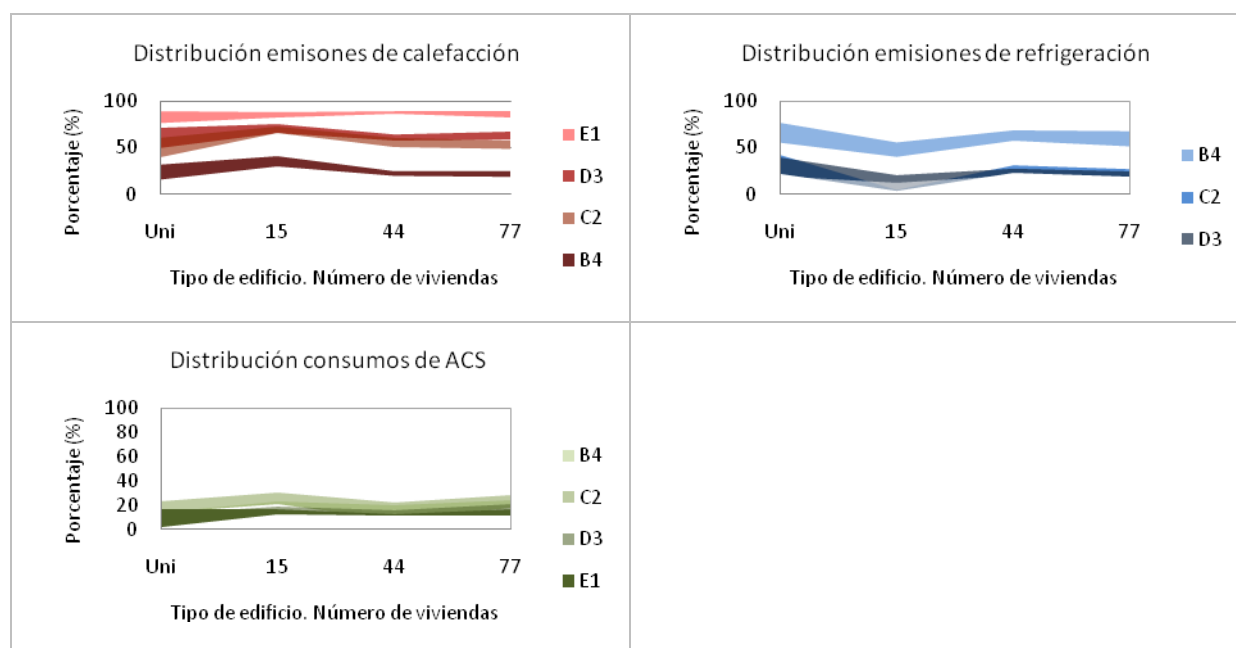
Los edificios plurifamiliares de la zona climática E1 no tienen consumo en refrigeración.

Los intervalos de los porcentajes de emisiones para cada uso oscilan entre los siguientes valores:

Tabla 7-6 Intervalos de los porcentajes de emisiones para edificio, uso y zona climática. Escenarios CALENER VyP

Uso	B4				C2				D3				E1			
	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77
Calefacción	16-32	30-41	20-25	19-25	40-61	66-73	51-61	49-58	50-71	66-75	58-64	59-67	77-89	83-88	87-89	83-89
Refrigeración	55-77	40-56	57-69	51-68	22-42	4-5	23-31	19-27	20-40	13-21	21-28	15-25	6-9	-	-	-
ACS	5-14	9-23	7-20	9-24	14-23	21-30	8-22	18-28	7-13	9-19	8-16	8-21	2-17	12-17	11-13	11-17

En las siguientes gráficas se observa la evolución de las emisiones en función del número de viviendas para todos los usos. Se representan los valores máximos y mínimos de porcentaje en peso obtenidos en los escenarios estudiados.

**Figura 7-7** Intervalos de los porcentajes de emisiones de CO₂ por edificio, uso y zona climática. Escenarios CALENER VyP

En cuanto a las emisiones, la refrigeración aumenta el peso respecto a la distribución de consumos, sobretudo en la zona climática B4, dónde puede llegar hasta el 68% para edificios plurifamiliares y al 77 para el edificio unifamiliar.

Para el resto de zonas climáticas, aunque aumenta el porcentaje, éste no supera en ningún caso el 30% en las zonas climáticas C2 y D3 para los edificios plurifamiliares. La zona climática E1 no tiene consumo en refrigeración. El peso de las emisiones relativas al ACS oscila entre el 5 y el 30%.

Por último, si se comparan las emisiones de CO₂ en el mejor de los escenarios (escenario 1) respecto el peor de los escenarios (escenario 5), los porcentajes de ahorro van desde el 22 % en la zona climática B4 (Sevilla) hasta el 76% en la zona climática E1 (Burgos) para los edificios plurifamiliares. En la vivienda unifamiliar los ahorros en emisiones van desde 25% para la zona B4 hasta 118% para E1.

Estos resultados se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 7-7 Porcentajes de ahorro en las emisiones de CO₂ del escenario 1 respecto el escenario 5. CALENER VyP

Uso	B4				C2				D3				E1			
	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77
Calefacción	117	62	31	56	118	63	30	57	129	73	37	71	133	76	42	75
Refrigeración	9	1	0	2	15	17	0	3	15	0	0	0	36	0		
ACS	223	200	200	255	93	48	211	85	144	112	115	255	94	45	12	86
Total	25	39	22	38	59	58	36	48	72	61	33	68	118	46	39	76

7.2 Escenarios CEPEC

Los escenarios estudiados utilizando la metodología CEPEC son los siguientes:

Tabla 7-8 Escenarios CEPEC

Edificio	Parámetros escenario					
	Suministro	Calefacción	Refrigeración	ACS	Cocina	Bitérmico
xx_01	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural	Gas Natural	no
xx_02	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural	Gas Natural	no
xx_03	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Gas Natural	no
xx_04	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Gas Natural	no
xx_05	Individual	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	no
xx_06	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Gas Natural	Gas Natural	si
xx_07	Centralizado	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Gas Natural	si
Xx_08	Individual	Gas Natural	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	no

Se ha evaluado la influencia en las emisiones globales del edificio de los equipos bitérmicos y de la cocina eléctrica. La calificación que ofrece CEPEC no es equiparable a la de CALENER VyP ya que tiene en cuenta otros conceptos como son los equipos. CALENER VyP basa su calificación en una escala de emisiones globales, así que esta escala no puede ser utilizada por CEPEC.

En el caso de CEPEC se ha elaborado otra escala de calificación relativa, basada en porcentajes de ahorro respecto al edificio de referencia. Los valores de porcentaje de ahorro se han calculado según las escalas de calificación de CALENER VyP. Así para edificios unifamiliares la escala es la que se muestra en la Tabla 7-9 La escala para plurifamiliares se muestra en la Tabla 7-10

Tabla 7-9 Escala de calificación CEPEC para edificios residenciales unifamiliares. % de ahorro respecto las emisiones de la calificación D según CALENER VyP

	B4	C2	D3	E1
A	x>65%	x>75%	x>74%	x>71%
B	65>x>61%	75>x>58%	74>x>58%	71>x>55%
C	61>x>36%	58>x>35%	58>x>32%	55>x>33%
D	36>x>0%	35>x>0%	32>x>0%	33>x>0%
E	x<0%	x<0%	x<0%	x<0%

Tabla 7-10 Escala de calificación CEPEC para edificios residenciales plurifamiliares. % de ahorro respecto las emisiones de la calificación D según CALENER VyP

	B4	C2	D3	E1
A	$x > 78\%$	$x > 75\%$	$x > 74\%$	$x > 71\%$
B	$78 > x > 61\%$	$75 > x > 58\%$	$74 > x > 58\%$	$71 > x > 55\%$
C	$61 > x > 36\%$	$58 > x > 35\%$	$58 > x > 35\%$	$55 > x > 33\%$
D	$36 > x > 0\%$	$35 > x > 0\%$	$35 > x > 0\%$	$35 > x > 0\%$
E	$x < 0\%$	$x < 0\%$	$x < 0\%$	$x < 0\%$

Tabla 7-11 Resumen de las calificaciones.

Escenario	B4				C2				D3				E1			
	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77
Esc 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Esc 2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Esc 3	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Esc 4	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Esc 5	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	D	E	E	E
Esc 6	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Esc 7	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Esc 8	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Según esta escala de calificación todos los edificios en todos los escenarios obtendrían un D excepto para el escenario en el que toda la energía utilizada es eléctrica que obtendría un E.

Los porcentajes de ahorro que se deben conseguir para subir una letra en la escala de calificación son muy elevados y los ahorros conseguidos por los equipos bitérmicos o la cocina eléctrica no llegan a los niveles exigidos. De hecho los ahorros son menores que los conseguidos si no se tienen en cuenta los equipos no pasando en ningún caso del 30%. Los mayores ahorros se consiguen en la vivienda unifamiliar, ya que es en esta tipología de edificios donde los equipos tienen menos peso.

Hay que aclarar que en el caso de los escenarios CEPEC el edificio de referencia también considera el consumo en equipos, y estos supone un porcentaje en el cómputo global de las emisiones muy importante (ver Figura 7-8). Además, los ahorros conseguidos en los equipos son muy poco significativos, así que conseguir un ahorro global como el que propone la escala de calificación es realmente difícil.

Está claro que si se considerasen las emisiones asociadas a los equipos en la calificación de los edificios la escala considerada debería ser diferente.

En cualquier caso, según la metodología CEPEC, la influencia de los aparatos bitérmicos en las emisiones globales del edificio no es significativa, la mejora no supera en ningún caso el 1.5%.

Por otro lado, la instalación de la cocina a gas supone una mejora de entre un 3 y un 5.5 % en las emisiones globales del edificio.

Los intervalos de los porcentajes de consumo para cada uso oscilan entre los siguientes valores:

Tabla 7-12 Intervalos de los porcentajes de consumo para edificio, uso y zona climática. Escenarios CEPEC

Uso	B4				C2				D3				E1			
	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77
Calefacción	35-57	17-33	12-26	10-21	58-71	32-39	29-44	24-39	63-79	40-59	38-60	32-53	74-85	55-71	61-74	51-68
Refrigeración	13-27	8-14	22-32	15-22	2-5	0-1	6-12	3-6	3-7	2-4	7-14	4-8	1-2	-	-	-
ACS	6-8	13-15	10-12	12-14	5-10	12-22	9-19	11-19	4-8	8-12	7-10	9-10	3-6	7-13	5-10	6-10
Equipos	24-30	44-54	40-45	50-55	17-28	31-51	31-47	39-57	14-22	27-44	25-38	33-49	10-18	18-34	16-31	22-40

En las siguientes gráficas se observa la evolución de los consumos en función del número de viviendas para todos los usos. Se representan los valores máximos y mínimos de porcentaje en peso obtenidos en los escenarios estudiados.

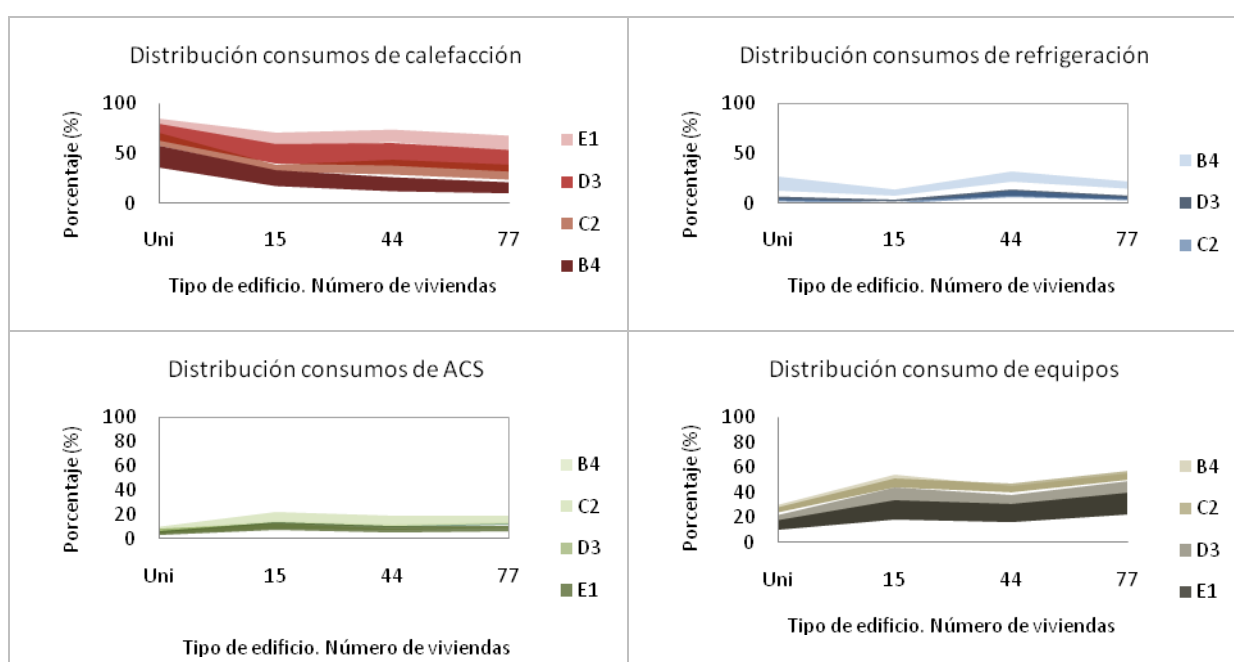


Figura 7-8 Intervalos de los porcentajes de consumo de energía por edificio, uso y zona climática. Escenarios CEPEC

La distribución de consumos finales en función de los usos depende de la tipología de edificio, de la zona climática y de los sistemas de climatización y ACS utilizados. Se puede concluir que los edificios plurifamiliares destinan un porcentaje inferior a la climatización y que este porcentaje disminuye cuando aumenta el número de viviendas o de superficie habitada. Por el contrario, el porcentaje relativo a los equipos aumenta, ya que a mayor número de viviendas, mayor número de equipos y por lo tanto, mayor consumo. Para una sola vivienda, el porcentaje relativo a los equipos está alrededor del 20% (entre el 10 y el 30% en función de la zona climática y los sistemas) y para los plurifamiliares los porcentajes son más variables en función de la zona climática, siendo la zona climática B4 la zona en la que los equipos tienen mayor peso, entre un 40 y un 55%. En la zona climática E1 los equipos tienen menor peso en el consumo final, entre un 20 y un 40%.

En cuanto al consumo de energía para suministrar el ACS, para la vivienda unifamiliar supone entre un 5 y un 10% en función de la zona climática y de los sistemas utilizados. Para los edificios plurifamiliares los valores están entre un 10 y un 20%.

Los intervalos de los porcentajes de emisiones para cada uso oscilan entre los siguientes valores:

Tabla 7-13 Intervalos de los porcentajes de emisiones para edificio, uso y zona climática. Escenarios CEPEC

Uso	B4				C2				D3				E1			
	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77
Calefacción	31-35	13-17	9-12	8-10	51-58	13-30	23-29	18-24	58-63	33-40	32-38	16-32	61-74	46-55	53-61	43-51
Refrigeración	22-27	13-14	29-32	19-22	4-5	1	10-12	5-6	6-7	3-4	13-14	7-8	1-2	-	-	-
ACS	3-11	7-17	6-13	6-13	8-10	14-21	12-14	11-16	4-8	8-15	5-12	6-14	5-8	10-14	8-10	8-11
Equipos	30-39	54-62	49-51	55-63	28-35	55-65	47-52	57-62	22-29	44-50	38-43	49-55	18-23	34-40	31-37	40-46

En las siguientes gráficas se observa la evolución de las emisiones en función del número de viviendas para todos los usos. Se representan los valores máximos y mínimos de porcentaje en peso obtenidos en los escenarios estudiados.

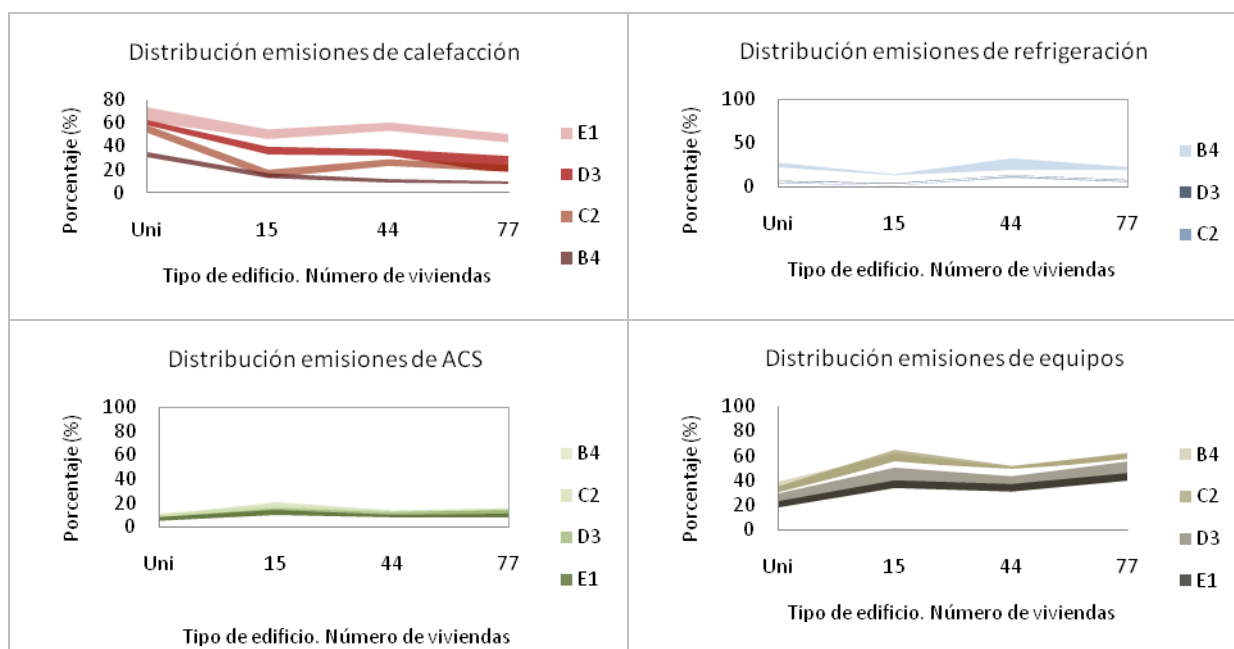


Figura 7-9 Intervalos de los porcentajes de emisiones de CO₂ por edificio, uso y zona climática. Escenarios CEPEC

En cuanto a las emisiones, la refrigeración aumenta el peso respecto a la distribución de consumos, sobretudo en la zona climática B4. Para el resto de zonas climáticas, aunque aumenta el porcentaje este no supera en ningún caso el 15% en las zonas climáticas C2 y D3. La zona climática E1 no tiene consumo en refrigeración.

Los porcentajes en las emisiones referentes a los equipos también aumentan, por ser la mayoría equipos eléctricos (electrodomésticos), sobretudo en los edificios plurifamiliares de la zona climática B4. En las zonas climáticas con mayor severidad en invierno los porcentajes de los equipos son inferiores aunque aumentan con el número de superficie habitada.

Por último, si se comparan las emisiones de CO₂ en el mejor de los escenarios (escenario 6) respecto el peor de los escenarios (escenario 5), los porcentajes de ahorro van desde el 20 % para edificios plurifamiliares en la zona climática C2 (Barcelona) hasta el 45% para viviendas unifamiliares de la zona climática B4 o D3. Estos resultados se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 7-14 Porcentajes de ahorro en las emisiones de CO₂ del escenario 6 respecto el escenario 5. CEPEC

Uso	B4				C2				D3				E1			
	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77
Calefacción	51	24	25	25	51	27	28	25	51	27	25	25	51	27	30	25
Refrigeración	61	29	29	29	59	50	30	27	60	30	29	30	64	-	-	-
ACS	210	142	143	144	76	36	16	45	192	90	115	144	76	36	20	45
Equipos	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Total	45	26	26	26	40	20	19	19	45	25	25	25	43	22	23	21

7.3 Variaciones en los escenarios CALENER VyP

En el primer caso estudiado se ha sustituido la caldera de gas natural del escenario 1 (suministro centralizado de calefacción, calefacción y ACS con gas natural y refrigeración eléctrica) por una caldera de biomasa que suministra la energía necesaria para satisfacer la demanda de calefacción y también da el apoyo necesario al sistema solar térmico de ACS.

En este caso las calificaciones obtenidas han mejorado notablemente respecto al escenario 1, considerado como escenario base. Se ha conseguido, incluso, una A para la zona climática E1. Para el resto de zonas climáticas se ha obtenido una B para C2 y D3 y una C para B4. Se observa que el sistema de calificación favorece a las zonas climáticas con una severidad climática en invierno mayor.

En cuanto a la calidad de los cerramientos, se han realizado diferentes simulaciones sobre el edificio de 44 viviendas variando la transmitancia térmica de los cerramientos que conforman el edificio. En concreto, se han estudiado los siguientes casos:

- Los valores de las transmitancias térmicas de los cerramientos son un 20% mejor que los límites establecidos por la normativa.
- Los valores de las transmitancias térmicas de los cerramientos son exactamente iguales a los valores establecidos por la normativa.

Los resultados obtenidos muestran que, si bien las emisiones son superiores cuando el nivel de aislamiento de los cerramientos disminuye, o lo que es lo mismo, la transmitancia térmica aumenta, esta diferencia no es suficiente para que la calificación energética varíe.

En cuanto al porcentaje de superficie útil refrigerada, hay que decir que CALENER VyP no considera la opción que un espacio habitado esté acondicionado para calefacción y no lo esté para refrigeración. De manera que si el edificio objeto de estudio no tiene sistema de refrigeración en algún espacio acondicionado, el programa le “asigna” el sistema de referencia. Y si el sistema del edificio objeto es mejor que el sistema de referencia, entonces las emisiones aumentan.

Ahora bien, la potencia del sistema de frío para refrigerar el 60% de la superficie es menor que el que se necesitaría para suministrar frío al 100% de la superficie de la vivienda. Si se asigna al edificio un sistema de menor potencia, entonces el consumo y por lo tanto, las emisiones disminuyen, de manera que la calificación puede mejorar en las zonas climáticas dónde la refrigeración tiene un peso específico mayor, como la B4.

Si se realiza un cálculo directo con las emisiones obtenidas para la refrigeración del 100% de la superficie multiplicando por el porcentaje de superficie acondicionada, los resultados son similares a la simulación con CALENER VyP, utilizando equipos menos potentes. En este caso, también se mejora la calificación para el escenario 1 en la zona climática B4, y en el escenario 5 (sólo uso eléctrico) para la zona climática B4, siempre y cuando la superficie refrigerada no sea superior al 60% del total. El resto de zonas climáticas, no varían la calificación.

Por último, si se mejora el COP de la bomba de calor, hasta 3.5, para el escenario 5, se observa una disminución de emisiones, mayor cuanto mayor es la demanda de frío. Para la zona climática B4, las emisiones pueden ser hasta un 14 % menores a las emisiones del edificio con un equipo que tenga un COP de 2.6. En cualquier caso, esta disminución en las emisiones no mejora la calificación energética obtenida por el edificio.

7.4 Análisis económico

El análisis de los costes de consumo muestra que, los costes de consumo son mucho mayores en una vivienda unifamiliar que una plurifamiliar. Además, como era de esperar, el escenario 5 (sólo eléctrico) tiene el coste más elevado para todos los edificios y zonas climáticas. Esto es debido a que la tarifa por kWh de electricidad consumido es mucho mayor, 0.1104 € en contra de los 0.0513 € del kWh de gas natural.

La zona climática con mayor consumo (E1) es la que tiene unos costes asociados más elevados para todos los edificios.

Los costes asociados a la zona climática C2-Decret, en el caso de la vivienda unifamiliar, son sensiblemente menores a los de la zona climática C2. Esto se debe al menor consumo en refrigeración de la zona climática C2-Decret y también, aunque en menor medida, al menor consumo de ACS.

El ahorro puede llegar hasta 35 % en el caso de la vivienda unifamiliar para la zona climática E1 (Burgos) o el 27% para el edificio plurifamiliar de 77 viviendas en la zona climática D3 (Madrid).

Así pues, desde el punto de vista del usuario es más económico que los diferentes usos de la vivienda sean abastecidos con gas natural.

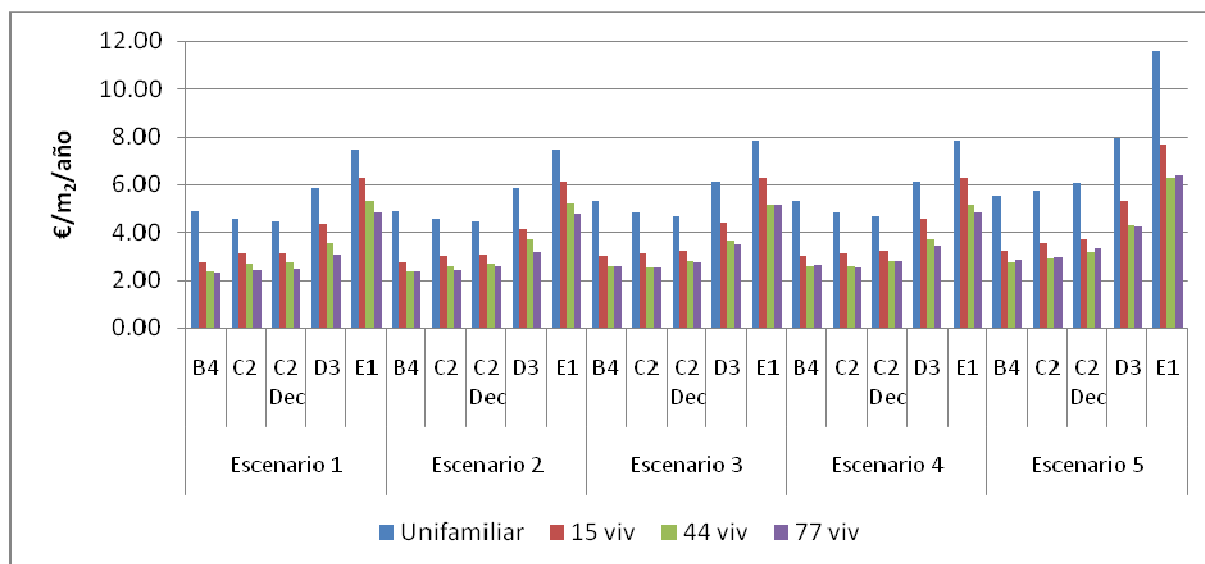


Figura 7-10 Costes de consumo para cada escenario en función del edificio y la zona climática

A pesar de esto, el coste de las instalaciones es menor en el caso de que los sistemas de calefacción, refrigeración y ACS sean eléctricos. Es decir, al promotor, le resulta más económico instalar sistemas eléctricos en los edificios que construye.

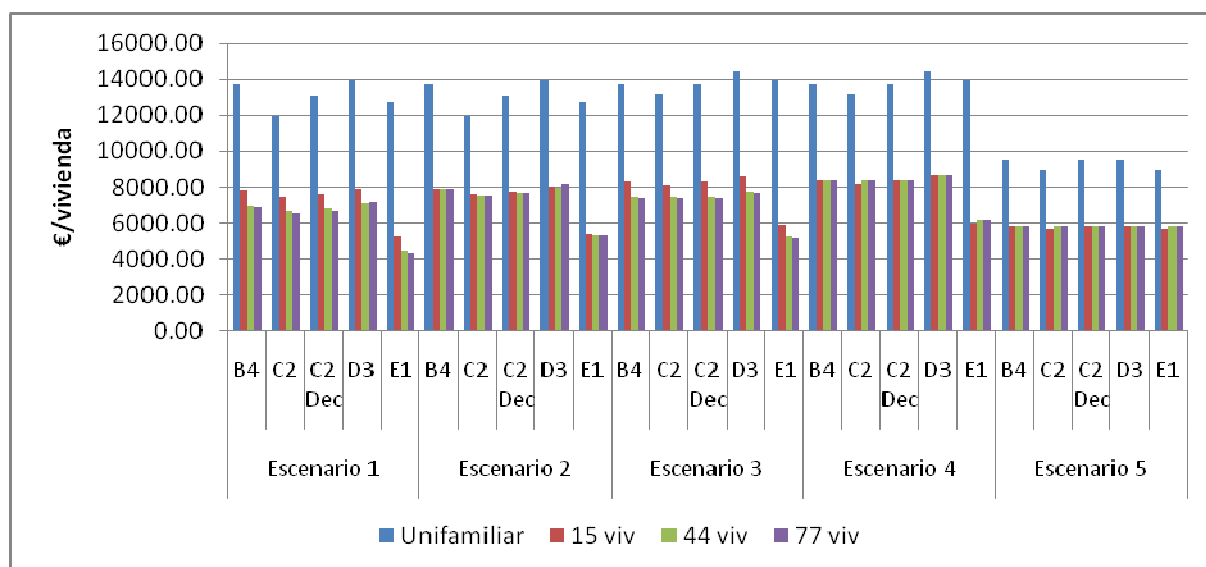


Figura 7-11 Costes de instalación para cada edificio en función del escenario y la zona climática.

Los costes de instalación para la vivienda unifamiliar son más elevados que para las viviendas que pertenecen a un edificio plurifamiliar.

En general, para todos los edificios, el escenario más económico es el escenario eléctrico, (escenario 5) excepto para la zona climática E1. En esta zona climática, en la que no hay demanda de refrigeración, el coste de una bomba de calor (escenario 5) es mayor que el coste de una caldera de gas (resto de escenarios). Además, en todos los escenarios, los costes de instalación de los edificios de 44 y 77 viviendas son prácticamente idénticos, aunque existe una ligera disminución en el de 77 viviendas.

Desde un punto de vista global y considerando un tasa de inflación del 4%, se ha calculado el tiempo necesario para que la TIR (Tasa Interna de Retorno) para cada edificio y zona climática sea igual a 0. Se ha tenido en cuenta el sobrecoste de la instalación de gas natural y el ahorro anual de esta instalación debido al menor coste de consumo, en relación al coste del escenario 5 (todo eléctrico).

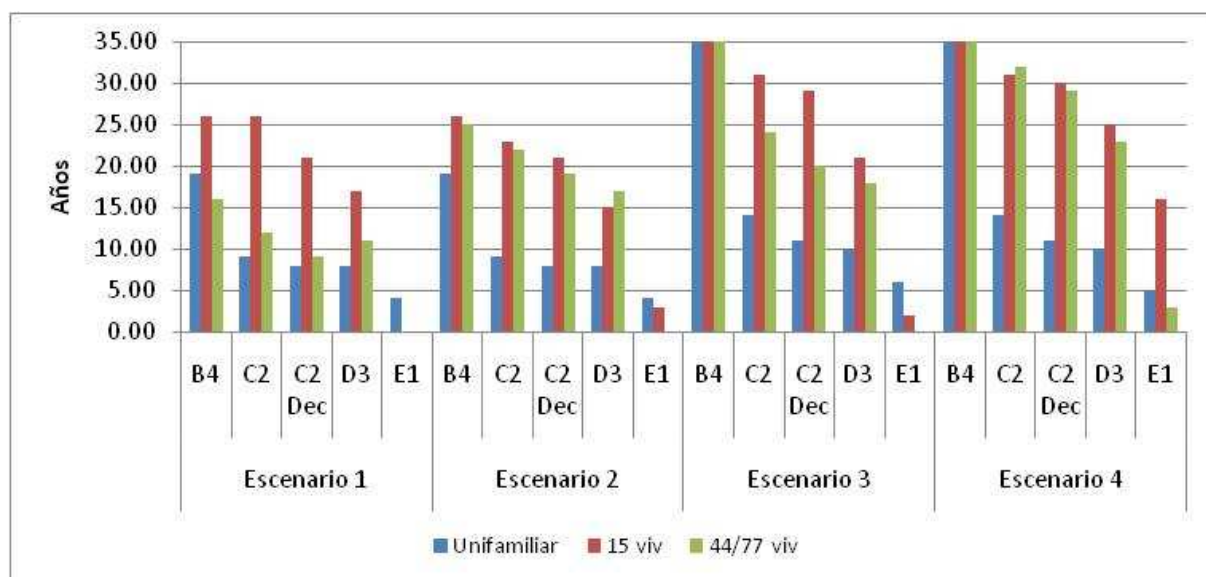


Figura 7-12 Años en los que se recupera la inversión, $r = 4\%$. Inversión: sobrecoste de la instalación "i" respecto a la instalación del escenario "5". Flujo de caja = ahorro en el coste de consumo del

escenario “i” respecto el escenario “5”

Desde un punto de vista, estrictamente, económico, se observa como para la vivienda unifamiliar, la inversión del sistema de gas natural se rentabiliza en pocos años, sobretodo en las zonas climáticas con mayor severidad en invierno. Esto es así debido al mayor consumo de este tipo de vivienda, por lo tanto, el ahorro conseguido es mayor.

También se observa como en el caso de la zona climática C2-Decret se amortiza antes la inversión si se compara con la zona climática C2. Así parece que las acciones que considera la normativa catalana se amortizan antes que las que considera la normativa estatal.

En general, existe una clara disminución del tiempo de retorno cuando disminuye la severidad climática de verano. Así, una instalación completamente eléctrica en zonas sin necesidad de refrigeración es completamente inviable. Por el contrario, las zonas climáticas con mayor necesidad de refrigeración, como B4, el tiempo de retorno aumenta. Está claro que, desde un punto de vista sólo económico, el sobre coste de la instalación de gas no es rentable en los edificios plurifamiliares de estas zonas climáticas. Ahora bien, si las emisiones de CO₂ tuvieran un coste económico, cabe esperar que el tiempo de retorno disminuiría considerablemente.

Si la instalación de calefacción y ACS es individual (escenario 2), el tiempo de retorno aumenta ligeramente. Esto es así por el mayor coste de instalación de este tipo de sistemas. Para los escenarios en los que el sistema de apoyo de ACS es eléctrico (escenarios 3 y 4) el tiempo de retorno es todavía mayor, porque el ahorro respecto al escenario 5 es menor.

En cuanto a lo que cuesta ahorrar un kg de CO₂ no emitido a la atmósfera, se ha calculado tomando como base el escenario que comporta más emisiones, es decir, el escenario 5 (todo eléctrico). Se ha tenido en cuenta el tiempo de vida útil de los equipos, y se ha repercutido el coste de la instalación en este periodo.

Si sólo se tiene en cuenta el sobre coste de la instalación de cada escenario respecto al escenario 5, se obtienen los siguientes resultados:

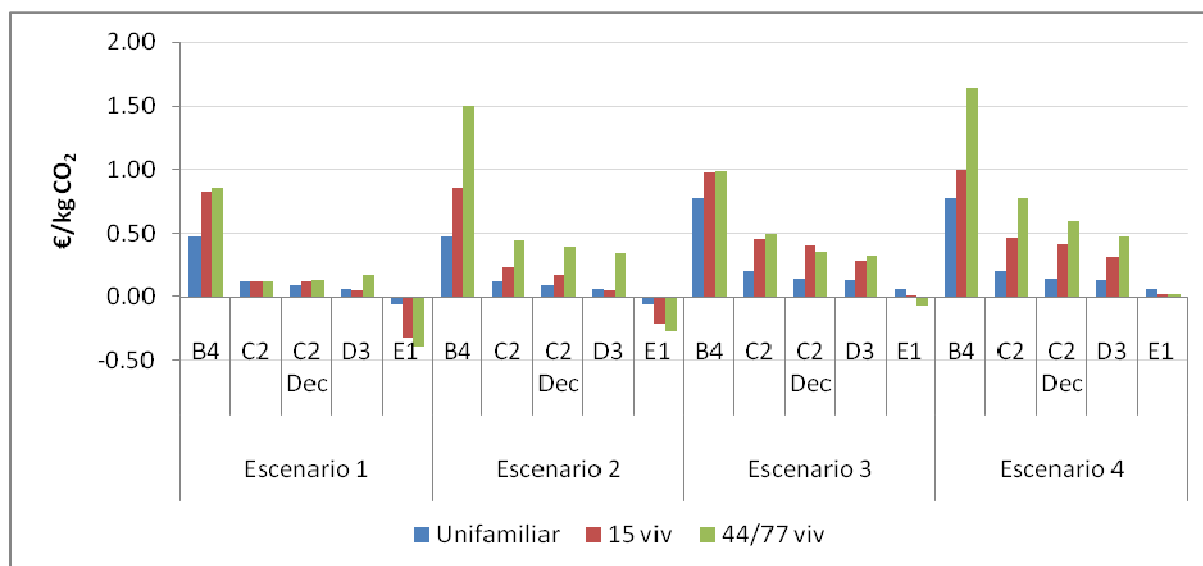


Figura 7-13 Sobre coste del ahorro de un kg de CO₂ (€/kg CO₂) de cada escenario respecto al escenario 5 (todo eléctrico), teniendo en cuenta costes de instalación.

Se observa que los edificios situados en las zonas climáticas con mayor necesidad de refrigeración tienen que invertir más para dejar de emitir un kg de CO₂ a la atmósfera. Este coste disminuye cuando lo hace la demanda de refrigeración, siendo el caso extremo, E1 (Burgos), pudiendo llegar a ser, incluso, negativo.

Si, además de los costes de instalación, se tienen en cuenta los costes de consumo, se obtienen los siguientes resultados:

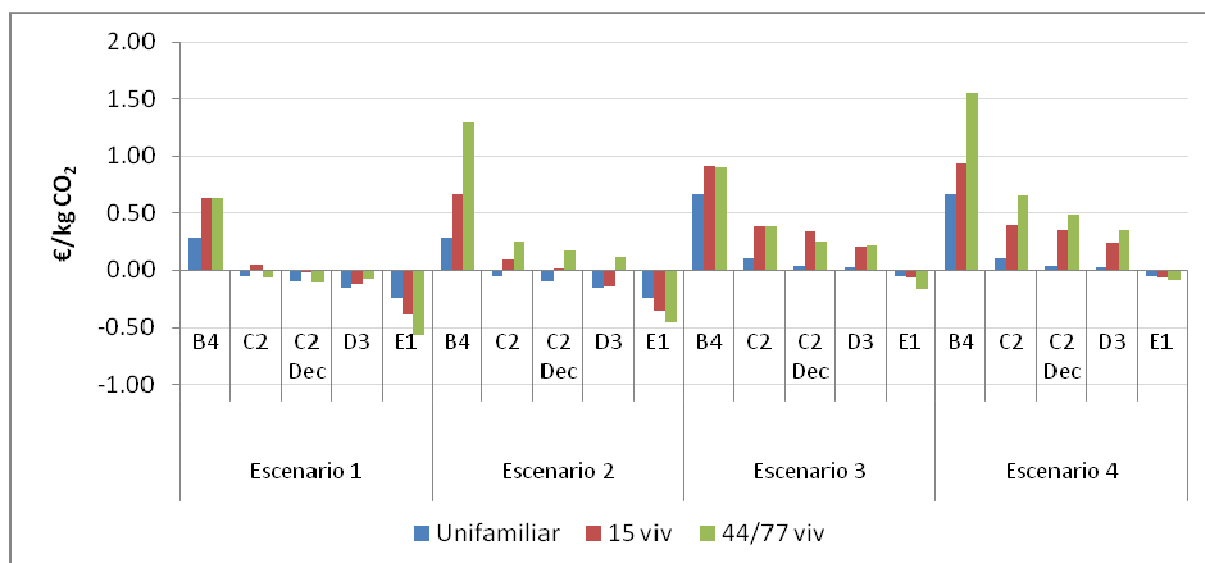


Figura 7-14 Sobrecoste del ahorro de un kg de CO₂ (€/kg CO₂) de cada escenario respecto al escenario 5 (todo eléctrico), teniendo en cuenta costes de instalación y costes de consumo

En este caso, el sobrecoste que supone ahorrar la emisión de un kg de CO₂ disminuye considerablemente, llegando a ser, incluso negativo para todas las zonas climáticas y edificios del escenario 1, excepto para B4. Esto significa que es más barato ahorrar un kg de CO₂ en el escenario 1 que emitir un kg de CO₂ más siguiendo el escenario 5.

7.5 Conclusiones dirigidas a los usuarios, constructores y administración

7.5.1 Usuarios

A la hora de valorar la eficiencia energética de un edificio, el usuario final debe tener claro que:

- Un edificio con una mejor calificación energética implica una disminución en el consumo y en la factura energética durante la vida útil del edificio.
- La mejor calificación energética se obtiene con sistemas de calefacción y ACS que utilizan como fuente de energía la biomasa. En segundo lugar, se encuentran los edificios con sistemas de calefacción y ACS con GAS NATURAL.
- Los edificios plurifamiliares son más eficientes que los unifamiliares.
- El porcentaje de ahorro de emisiones puede ser de hasta el 70% en zonas climáticas con elevada necesidad en calefacción, si se compara con sistemas de calefacción y ACS eléctricos.
- El usuario debe tener en cuenta que los costes de consumo serán mucho menores si el sistema de calefacción y apoyo a ACS es de gas natural si se compara con un sistema eléctrico. Este ahorro está en función del tipo de edificio y la zona climática en la que se encuentre. El menor ahorro se consigue en la zona climática con mayor necesidad de refrigeración, B4. Pero aún, en esta zona climática, el ahorro puede llegar hasta el 18% en los edificios plurifamiliares. El ahorro puede ser incluso del 27% para edificios plurifamiliares en la zona climática D3.

- Además, el mayor coste de inversión de un sistema de gas centralizado, si se compara con un sistema eléctrico, puede ser amortizado en 12 años para los edificios plurifamiliares de mayor número de viviendas, en las zonas climáticas C2 y D3. Los edificios plurifamiliares de 15 viviendas tienen un tiempo de retorno de la inversión mayor que el de 44 o 77.
- El tiempo de retorno es mayor si la instalación es individual, debido al mayor coste de instalación de este tipo de sistemas. Evidentemente, para la zona climática E1 el tiempo de retorno es mucho menor, menos de 5 años o incluso negativo en edificios plurifamiliares de 77 viviendas, ya que esta zona climática no tiene demanda de refrigeración.
- Así, en las zonas climáticas con mayor severidad climática en invierno y menor severidad climática en verano, E1, un sistema de clima eléctrico no es viable ni desde un punto de vista económico ni ambiental.

7.5.2 Constructores

A la hora de construir un edificio, el constructor debe tener claro que:

- Una buena calificación energética supone un valor añadido al edificio que va a construir y un motivo más de venta.
- La instalación de sistemas de calefacción y ACS que utilicen biomasa o GAS NATURAL como fuente de energía mejora la calificación respecto a edificios con sistemas de climatización y ACS eléctricos.
- Una mayor compacidad del edificio mejora la calificación obtenida.
- Los sistemas eléctricos tienen menor coste de instalación, pero las emisiones asociadas y el coste en el consumo son muy superiores a las de un sistema de calefacción que utilice gas.

7.5.3 Administración

Durante la realización de este estudio, se han podido detectar una serie de dificultades, limitaciones o aspectos mejorables en cuanto al proceso de calificación energética de edificios. Resulta de interés comentarlos con el objetivo de intentar mejorar y hacer que el proceso de calificación sea más útil para poder conseguir edificios más eficientes.

Los aspectos más importantes que se quieren destacar son los siguientes:

- Dificultad para conseguir mejorar la calificación obtenida con acciones como mejorar la calidad de los cerramientos, o la mejora de los equipos. A no ser que se utilicen calderas de biomasa.
- Dificultad para introducir geométricamente elementos constructivos singulares como fachadas ventiladas, muros trombe,...
- Imposibilidad de introducir sistemas de climatización que utilicen otro tipo de energía que no sean las especificadas en la aplicación CALENER VyP, como por ejemplo, la geotermia.
- Imposibilidad de introducir en la aplicación CALENER VyP, equipos que normalmente vienen dados por el constructor como por ejemplo, cocinas o instalación de equipos bitérmicos.
- Imposibilidad de introducir en la aplicación CALENER VyP, espacios que tengan calefacción pero no refrigeración.

Además en cuanto a la interpretación y discusión de resultados:

- El hecho que la escala de calificación no sea fija, puede conducir a confusiones en la interpretación de resultados. La escala depende de la zona climática y de las variaciones en la demanda (como por ejemplo la demanda de ACS, según la aportación solar).
- Además, la escala de calificación varía según la zona climática. Esto puede ser comprensible y lógico, siempre y cuando todas las zonas climáticas se traten por igual. En cambio, se ha comprobado que las zonas climáticas sin necesidad de refrigeración se ven beneficiadas, obteniendo calificaciones superiores en un mismo edificio cumpliendo exactamente igual la normativa establecida y con el mismo tipo de equipos.
- Referente a la aplicación de los límites normativos establecidos en el “Decret d’Ecoeficiència” [Decret 21/2006, 20006] , en el caso de Cataluña: Las variaciones en las emisiones obtenidas respecto la misma zona climática aplicando los límites del CTE (DB-HE1 y DB-HE4) son muy similares. La disminución del factor solar de las ventanas en orientación sur y oeste, disminuye la demanda en refrigeración pero aumenta la demanda de calefacción. Como se ha visto, la aportación más importante a las emisiones de un edificio, en la zona climática C2 y según CAENER VyP es la calefacción. Por este motivo, puede ser contraproducente, disminuir, en exceso el factor solar de las ventanas. Esto es lo que ocurre en los edificios plurifamiliares. En cambio, en la vivienda unifamiliar, en la que el peso de la refrigeración aumenta, la aplicación de factor solar más bajo, mejora las emisiones y, por tanto, la calificación.
- En cuanto a la aportación solar de ACS, es mejor en los edificios en los que se aplica la normativa catalana. En cambio no se aprecian cambios significativos en la calificación. Hay que recordar que la escala de calificación varía según la demanda de ACS.
- Los límites de la transmitancia térmica de los cerramientos verticales son muy similares en las dos normativas. (0.73 y 0.7 para CTE y Decret 21/2006, respectivamente). Hay que recordar que, en los dos casos, se utilizaron cerramientos que eran un 20% que el límite exigido en la normativa.
- Por último, la variación en los límites de la transmitancia térmica de las ventanas no se aprecia apenas, ya que en los dos casos, C2 y C2 Decret, se tomaron los mismos valores de $U = 2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$, siempre por debajo del límite normativo, tanto DB-HE1 como del Decret 21/2006.

En cuanto al proceso de certificación energética.

- Falta de concreción en todo el proceso de certificación energética:
 - Definición de los registros de certificación en las comunidades autónomas que no lo tienen.
 - ¿Quién? ¿Cuándo? ¿Cómo? Se van a realizar las inspecciones y los controles externos.
 - ¿Cuánto van a costar?
 - ¿Procedimiento para la certificación de edificios existentes?

Esta claro, que si se quiere atacar el problema del consumo energético de los edificios para mejorar su eficiencia, la certificación puede ser una buena herramienta, siempre y cuando se incentive su utilización para mejorar realmente la eficiencia del edificio y no se acabe convirtiendo en un simple trámite administrativo.

Por este motivo, no sólo hay que tener en cuenta los edificios de nueva construcción y las grandes rehabilitaciones sino también, y mucho más importante, por el número de edificios que supone, los edificios existentes. Pero la metodología para la certificación de edificios existentes todavía no está definida. Es obvio que era más sencillo empezar por los edificios de nueva construcción. Pero el

segundo paso, una vez consolidada la certificación energética de edificios nuevos será, sin lugar a dudas, los edificios existentes.

Por otro lado, es necesario incentivar no la calificación y certificación energética de edificios, sino la buena calificación energética. Por este motivo sería conveniente que, desde la administración se valoraran diferentes medidas para conseguir que los edificios construidos cada vez fueran más eficientes. Por ejemplo:

- la reducción de los impuestos relacionados con el edificio como el IBI para el propietario o el permiso de obras para el constructor...
- algún tipo de bonificación en facturas energéticas para usuarios de edificios eficientes
- Poder conseguir ayudas o subvenciones para mejorar la calificación energética de un edificio existente.
- El hecho de adquirir o alquilar un edificio más eficiente le permitiera al usuario estar mejor valorado a la hora de obtener una subvención para instalar placas FV o caldera de biomasa o colectores solares para calefacción...

Se trata, en definitiva, de favorecer al constructor y al usuario para que les resulte ventajoso invertir en la mejora de la eficiencia energética del edificio.

8 Referencias

- [DB – HE, 2006] Documento Básico “Ahorro de Energía” del CTE. Disponible en www.codigotecnico.org
- [DB – HE1, 2006] Documento Básico “Ahorro de Energía” del CTE. Requisito básico 1. Limitación de demanda. www.codigotecnico.org
- [DB – HE4, 2006] Documento Básico “Ahorro de Energía” del CTE. Requisito básico 4. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. www.codigotecnico.org
- [Decret 21/2006, 2006] DECRET 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis. DOGC 4574 – 16.2.2006
- [Directiva 2002/91/CE 2002] Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de edificios.
- [EUROSTAT 2003] Instituto de estadística europea disponible en <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- [EVE, 2005] Ente Vasco de la Energía. La Certificación energética de edificios en el País Vasco. CADEM, Grupo EVE. Junio 2005
- [Ferrer, J; Arauzo, I, 2005] Jessica Ferrer, Idoia Arauzo. Análisis comparatiu sobre qualificació energètica d'habitatges a Europa.. Congreso de Edificación Sostenible y calificación energética de viviendas. Mataró, Octubre de 2005
- [Ivancic, A; Salom, J, 2005] Alex Ivancic, Barcelona Regional i Jaume Salom, Aiguasol. Proposta de metodología de certificación energética d'edificis. Projecte CEPEC. Presentación en las jornadas de Certificación organizadas por COAC, el 14 e noviembre de 2005. Disponible en www.barcelonaenergia.com
- [ITC/386/2007] Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por el que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008(BOE 29-12-08)
- [Mityc, 2007] Documento reconocido: “Opción Simplificada para la Calificación de Eficiencia Energética de Edificios de Viviendas”. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007. Disponible en: <http://www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/Otros/>
- [Molina, JL, 2005] José L. Molina. Certificación Energética de Viviendas. Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. Congreso de Edificación Sostenible y calificación energética de viviendas. Mataró, Octubre de 2005
- [RD 47/2007, 2007] Real Decreto 47/2007 de 19 de Enero por el que se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de nueva construcción. Enero de 2007
- [RD 3142/2006, 2006] Código Técnico de la Edificación. RD 3142/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la edificación. BOE n. 74 de 28/03/2006.
- [RESOLUCIÓN 3/10/2007] RESOLUCIÓN de 3 de octubre de 2007la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se hacen públicas las tarifas de suministro de gas natural, el coste unitario de la materia prima y el precio de cesión.

9 Anexos

I. Escala de calificación energética para edificios residenciales

La información que se detalla en este apartado está extraída del Documento Reconocido “Escala de Calificación Energética para Edificios de Nueva Construcción”⁷ Se incluyen los puntos más importantes relacionados con la escala de calificación de los edificios residenciales.

“...Para el diseño de la etiqueta energética en nuestro país se ha realizado un estudio específico en el que se han tenido en consideración las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y en particular la propuesta que figura en el documento del CEN prEN 15217 “Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings”(versión diciembre 2005). Dicho documento, preparado por el Comité Técnico CEN/TC 89 desarrolla, entre otros, los aspectos de la Directiva 2002/91/CE relativos a la escala de calificación energética. En él se establece que el instrumento objetivo para comparar y evaluar el comportamiento energético del edificio frente al comportamiento de edificios similares es la denominada escala de comportamiento o escala de calificación.

La clase de eficiencia que corresponde a cada edificio se obtiene a partir de los denominados indicadores de comportamiento energético

- a) El correspondiente al edificio objeto (*I_{objeto}*).
- b) El valor medio del indicador correspondiente a edificios similares de nueva planta que sean conformes con la reglamentación vigente en el año 2006 (*I_{Reglamentación}*).
- c) El valor medio del indicador correspondiente a los edificios similares del parque edificatorio existente en el año 2006 (*I_{stock}*).

I.1. Elementos de la certificación

I.1.1 Indicadores energéticos

Se establecen un indicador energético principal y varios complementarios.

El indicador energético principal es el dado por las:

- Emisiones anuales de CO₂, expresadas en kg por m² de superficie útil del edificio.
- Energía primaria anual en kWh por m² de superficie útil del edificio.

Estos dos indicadores se obtiene de la energía consumida por el edificio para satisfacer las necesidades asociadas a unas condiciones normales, tanto climáticas como de funcionamiento y ocupación.

Como indicadores energéticos complementarios (también en base anual y referidos a la unidad de superficie útil del edificio) se tienen:

- Desglose de las emisiones de CO₂ para los servicios principales del edificio.
- Desglose del consumo de energía primaria para los servicios principales del edificio
- Energía demandada por el edificio para cada uno de sus servicios principales.

Los indicadores complementarios permiten explicar las razones de un buen o mal comportamiento del edificio y proporcionan, por tanto, información útil sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de proponer medidas que mejoren dicho comportamiento.

Para edificios de nueva construcción los indicadores energéticos se obtendrán a partir de una metodología de cálculo que, con carácter general, integre los elementos considerados en el Anexo de

⁷<http://www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/Otros/>

la Directiva 2002/91/CE, que en síntesis son:

- La disposición y orientación del edificio.
- Las características térmicas de la envuelta.
- Las características de las instalaciones de calefacción, agua caliente, refrigeración, ventilación e iluminación artificial.

La Directiva pone especial énfasis en los sistemas solares pasivos, protección solar, ventilación natural y otros aspectos relacionados con el uso de energías renovables.

La materialización de la metodología de cálculo podrá hacerse a través del denominado Procedimiento de Referencia o a través de los Procedimientos Alternativos, tal y como se indica en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, de Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción.

I.1.2 Grado de similitud

La calificación energética de un edificio se hace comparando el comportamiento del mismo con el de otros edificios similares.

Antes de nada hay que precisar el significado del término similar o, en otras palabras, cuál es el grado de similitud que existe entre los edificios que se comparan. Puesto que el objetivo de la Directiva es fomentar la eficiencia energética de los edificios, la comparación debe realizarse en términos que permitan contribuir a alcanzar dicho objetivo. Dicho de otra manera, no se deben introducir en la comparación elementos que no sean controlables por el proyectista y que, por tanto, serán imposibles de mejorar.

Un edificio se comparará con otros que se encuentren en el mismo clima, estando éste definido en términos del conjunto de variables y zonificaciones climáticas que se definen en las diferentes secciones del documento básico HE de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-HE en adelante).

En el caso de edificios destinados a viviendas, teniendo en cuenta la razonable homogeneidad que existe tanto en lo relativo al tipo de espacios en el interior de las viviendas como en la utilización de los mismos, se ha segregado este sector, distinguiéndose dos subsectores: viviendas unifamiliares por un lado y viviendas en bloque por otro.

I.1.3 Directrices para elaborar la escala de calificación

Como se ha visto, la calificación consiste en adjudicar al edificio una clase de eficiencia de entre un grupo de 7 letras que va desde la A (edificio más eficiente) hasta la G (edificio menos eficiente).

Los límites de las clases se establecerán de acuerdo con las siguientes directrices:

1. La escala debe diferenciar claramente los edificios eficientes de los no eficientes. No tendría sentido, por ejemplo, que la mayoría de los edificios estuviera en una sola clase.
2. Debe tener suficiente sensibilidad a las mejoras. Esto se interpreta como que un edificio que haya mejorado suficientemente la calidad de su envuelta y/o de sus sistemas térmicos en relación a los requerimientos mínimos exigidos por el CTE debe tener derecho a ganar una letra. En circunstancias especiales, será posible ganar más de una letra dentro de un contexto de rentabilidad económica.
3. Debe ser posible, para todos los climas, la construcción de edificios que alcancen la clase A. La obtención de la clase A estaría, en cualquier caso, reservada a aquellos edificios singulares con un diseño acertado, un uso significativo de energías renovables y soluciones de eficiencia energética en envuelta y en sistemas, sin que el contexto de rentabilidad económica sea determinante.
4. Debe ser suficientemente estable en el tiempo (debe permanecer invariable durante un periodo de tiempo de, al menos, dos revisiones de la reglamentación).
5. Debe ser consistente con los objetivos últimos de la certificación; es decir, la escala debe ser un instrumento que permita tomar decisiones que conduzcan a cumplir con los compromisos a largo plazo en materia energética y medioambiental.
6. Debe ser única tanto para el Procedimiento de Referencia como para los Procedimientos Alternativos.

7. Aunque la escala se desarrolla en principio para edificios nuevos, debe poder extenderse a los edificios existentes si los estudios pertinentes concluyen en la idoneidad de disponer de una escala única para todo el parque edificatorio.

I.2. Escala de calificación para edificios destinados a vivienda

El punto de partida para asignar los límites de las clases de eficiencia en edificios destinados a vivienda es el denominado escenario de comparación, que básicamente es una prognosis de cómo serán los indicadores energéticos de los edificios de vivienda de nueva planta. El rango de valores probable de los indicadores energéticos se subdivide en grupos que constituyen las diferentes clases de eficiencia. Los criterios para la subdivisión siguen las recomendaciones del CEN y satisfacen las directrices mencionadas en I.1.3

I.2.1 Determinación del escenario de comparación

Para cada uno de los indicadores energéticos y para cada uno de los grados de similitud identificados, el escenario de comparación se obtiene estimando la situación probable que tendrán los edificios construidos en el año 2006. Las hipótesis realizadas han sido:

- a) Los nuevos edificios destinados a vivienda tendrán una tipología similar a los construidos en el decenio 1991-2000.
- b) La calidad constructiva de su envuelta, a efectos de limitación de la demanda energética, no superará sustancialmente las exigencias expresadas en el CTEHE1.
- c) El rendimiento de sus sistemas térmicos y la contribución de energías renovables seguirán los mínimos exigidos por el CTE-HE2 y CTE-HE4. En los casos en los que no haya indicaciones precisas se supondrá que se mantienen las tendencias anteriores a la implementación del CTE.
- d) No se considera significativa la contribución de la iluminación artificial.

La obtención de los escenarios de comparación ha comprendido formalmente las siguientes fases:

1. Selección de edificios de viviendas, tanto unifamiliares como en bloque, que representen las tendencias recientes de la construcción en España.
2. Obtención de los indicadores energéticos asociados a estos edificios en diferentes zonas climáticas, suponiendo que se cumple estrictamente el CTE-HE.
3. Caracterización matemática del escenario.

En cuanto a la caracterización y expresión matemática de los escenarios de comparación, de los datos incluidos en la estadística del INE sobre edificios de viviendas actuales se ha obtenido:

- Probabilidad de que cada uno de los sistemas considerados se instale en los edificios de viviendas.
- Porcentaje en que cada uno de los combustibles disponibles se utilice realmente.

Con los datos estadísticos anteriores, las demandas energéticas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, los rendimientos medios estacionales y los coeficientes de paso de energía final a emisiones de CO₂, se han obtenido los escenarios probables de demandas y emisiones que tendrán los edificios de viviendas que se construirán en 2006 y que cumplan estrictamente con la reglamentación vigente.

De acuerdo con los indicadores seleccionados, para cada localidad se obtienen los siguientes escenarios de comparación:

- Demandas de calefacción y refrigeración.
- Emisiones de CO₂ y consumos en energía primaria correspondientes a cada uno de los servicios considerados: calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.
- Emisiones totales de CO₂ del edificio.

A título de ejemplo se presenta en la Figura 9-1 la distribución en frecuencias que tienen los 14849 valores que conforman el escenario de comparación en emisiones totales de CO₂ de los edificios de viviendas unifamiliares situados en Madrid: en el eje de abscisas se presentan las emisiones totales de CO₂ y en el de ordenadas el porcentaje previsto de superficie útil de viviendas unifamiliares de nueva planta que alcanzará cada uno de dichos valores de emisiones, suponiendo que las viviendas cumplen estrictamente los requerimientos del CTE (que son los establecidos como mínimos por la

Directiva en sus artículos 4.1 y 5).

La Figura 9-2 representa la distribución de frecuencias acumuladas correspondiente a la figura 1.

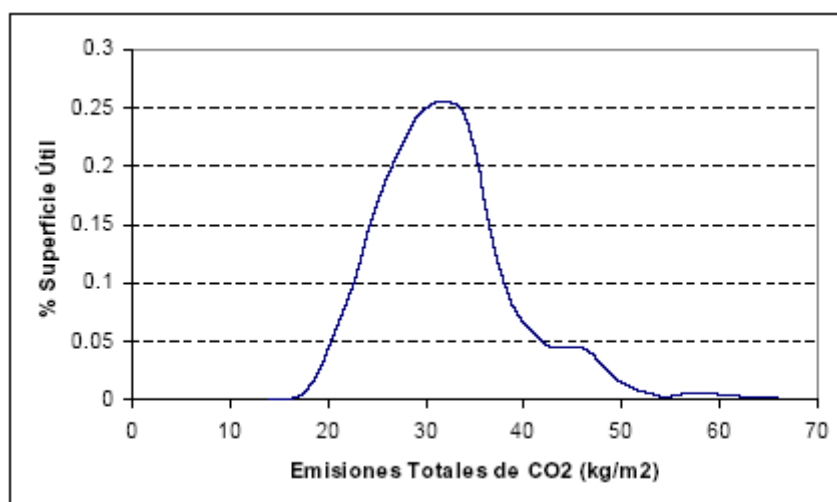
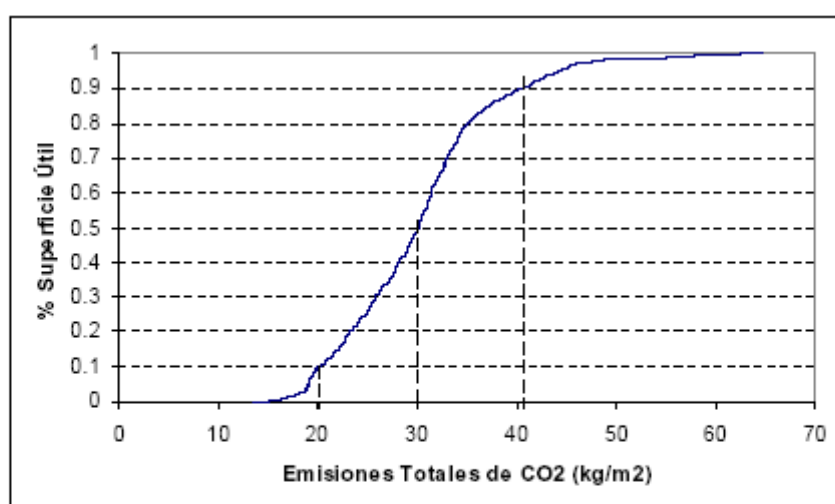


Figura 9-1 Distribución en frecuencias de las emisiones totales de CO₂ (kg / m²) de los edificios de viviendas unifamiliares en Madrid que cumplen estrictamente el CTE - HE



20.2	30.3	41.4	

Figura 9-2 Distribución en frecuencias acumuladas de las emisiones totales de CO₂ (kg / m²) de los edificios de viviendas unifamiliares en Madrid que cumplen estrictamente el CTE - HE

Donde:

$R_{20/10} = \frac{30.25}{20.17} = 1.49$ Es el ratio entre el valor de $I_{reglamentación}$ para emisiones de CO₂ y el valor de emisiones de CO₂ de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria correspondiente al percentil del 10 % de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación.

$R_{90/10} = \frac{41.40}{20.17} = 2.05$ es el ratio entre los valores de emisiones de CO₂ de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondientes respectivamente al percentil del 90 % y al

percentil del 10% de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación.

La inspección de estas figuras pone de manifiesto:

- La naturaleza de los requerimientos del CTE hace que las viviendas unifamiliares que los cumplan no tengan un único valor de emisiones sino que se distribuyen alrededor de un cierto rango. Estos edificios, por tanto, no son todos igualmente eficientes en términos del indicador global elegido ni en términos de los indicadores complementarios.
- El valor asociado al percentil del 50% (30.25 Kg/m²) indica que la mitad de la superficie construida en las condiciones citadas tendrá unas emisiones superiores, mientras que la otra mitad las tendrá inferiores.
- El valor medio de la distribución, $\overline{I_{reglamentación}}=29.8$ Kg/m² es sensiblemente igual al del percentil del 50% por lo que a efectos prácticos se supondrán ambos coincidentes.
- Se observa que la distribución no es simétrica respecto al valor medio sino que tiene una desviación que es mayor en la zona de edificios menos eficientes.
- El valor medio de $\overline{I_{reglamentación}}$ y los ratios $R_{50/10}$ y $R_{90/10}$ constituyen los parámetros característicos y se han tomado por ser esencialmente estables. Se ha comprobado que, en efecto, variaciones razonables obtenidas añadiendo o quitando edificios y/o sistemas y/o rendimientos de equipos y/o tipos de combustible, no arrojan valores para estos parámetros significativamente diferentes a los obtenidos con la muestra elegida.

El análisis de los escenarios de comparación obtenidos sugiere buscar previamente las leyes generales que representan dichos escenarios, con el fin de evitar una casuística interminable a la hora de fijar las escalas. Se pretende, por tanto, encontrar la expresión matemática que los define.

Los resultados encontrados en las variables estadísticas capaces de representar el comportamiento observado del escenario de comparación son únicamente aquellas que toman solamente valores positivos.

De entre ellas, se ha elegido la distribución de probabilidad de Weibull, que pertenece a la familia de Modelos de Valores Extremos y que ha sido utilizada anteriormente en aplicaciones de energética edificatoria.

La distribución de probabilidad de Weibull se expresa con la siguiente ecuación:

$$F = 1 - \exp\left(-\left(\frac{\chi - c_0}{\sigma}\right)^\lambda\right)$$

Para establecer los tres parámetros que la definen, es necesario fijar tres puntos por donde queremos que se ajuste y que se obtienen fácilmente a partir de los parámetros característicos, $\overline{I_{reglamentación}}$, $R_{50/10}$ y $R_{90/10}$.

A título de ejemplo, la Figura 9-3 muestra los resultados del ajuste para la demanda de calefacción en Madrid.

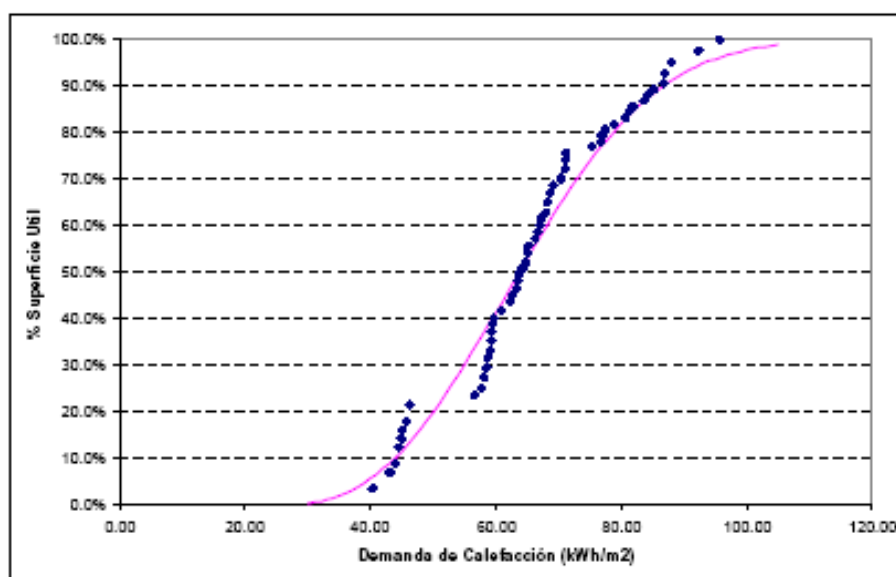


Figura 9-3 Frecuencia acumulada de la demanda de calefacción en Madrid (puntos) y ajuste mediante la distribución de Weibull (línea continua)

I.3. Obtención de los límites de la escala

I.3.1 Situación en la escala del indicador I_{regla}

Como se ha dicho anteriormente, en la escala propuesta por el CEN una de las referencias será el denominado $I_{reglamentación}$, que indica el valor medio esperado del indicador energético que se asocia a los edificios nuevos que cumplen estrictamente con la reglamentación vigente en enero de 2006.

De acuerdo con lo dicho anteriormente sobre el grado de similitud, en cada clima se tendrán, para cada indicador, dos valores de $I_{reglamentación}$ que representarán, respectivamente, los valores promedios del indicador para las viviendas unifamiliares y en bloque.

Se propone que la frontera entre las clases C y D corresponda con el percentil del 40% de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación. De esta forma, el valor $I_{reglamentación}$ se encuentra en la clase de eficiencia D frente a lo propuesto por el CEN de situarlo entre las clases de eficiencia B y C. El motivo es que adoptando la propuesta del CEN no se estimula suficientemente la mejora de la calidad térmica de la edificación, ya que un porcentaje significativo de edificios entraría en la clase A con un esfuerzo mínimo.

De todo lo anterior se deduce que los edificios nuevos destinados a viviendas que cumplan estrictamente el CTE-HE estarán distribuidos a izquierda y derecha de la frontera entre las clases C y D, teniendo una parte significativa de ellos una de esas dos clases de energía.

No obstante, se contempla la posibilidad de que los más eficientes entren en la clase B; aunque en ningún caso sucedería que edificios que cumplan estrictamente los requisitos mínimos de eficiencia energética del CTE-HE entraran en la clase A.

I.3.2 Anchos de las clases

Nos referimos aquí únicamente a los anchos de las clases B, C y D.

Entendemos que, de acuerdo con la propuesta del CEN, el valor del indicador asociado al límite inferior de la clase A debe ser el cero (0), lo cual significa, según el caso, demanda nula o cero emisiones de CO₂.

Por otra parte, entendemos que el ancho de las clases E y F no precisa de una definición precisa en el contexto del presente documento, ya que no se contempla que haya edificios nuevos que puedan entrar en la clase F.

En la clase E entrarán fundamentalmente edificios existentes, que serán a su vez los únicos que se encuentren en las clases F y G; aunque esto no significa que todos los edificios existentes estén en estas 3 clases, como se verá en el apartado I.5 de este documento. Obviamente, no es necesario definir en ningún caso el ancho de la zona G.

Sobre cada escenario de comparación, el resultado de aplicar las directrices para elaborar la escala de calificación permite obtener el ancho de las tres clases afectadas (B, C y D), una vez definido el límite C/D. Aunque existen diferentes posibilidades, se ha elegido la siguiente:

- En las clases C y D estará el 90 % de los edificios que cumplan estrictamente el CTE-HE (35% en clase C y 55% en clase D). Del 10% restante, el 5% que representa a los edificios más eficientes estará en la clase B, mientras que el 5% de los edificios menos eficientes estará en la clase E.
- El ancho de la clase B se ha determinado sabiendo que a la clase A deben acceder aquellos edificios que estarían inicialmente en la clase B si hubieran cumplido estrictamente el CTE pero que han experimentado una mejora de su eficiencia energética similar a la que les supone a los edificios de clase C pasar a clase B. El indicador límite entre las clases A y B se ha obtenido suponiendo que el siguiente ratio es constante.

$$\frac{IEE_{B/C}}{IEE_{C/D}} = \frac{IEE_{A/B}}{IEE_{B/C}}$$

- Finalmente, se ha demostrado que ambas mejoras (paso de C a B y paso de B a A) se pueden realizar en un contexto de rentabilidad económica.

La Figura 9-4 y Figura 9-5 ilustran los pasos seguidos para establecer el ancho de las clases para la demanda de calefacción de las viviendas unifamiliares en Madrid.

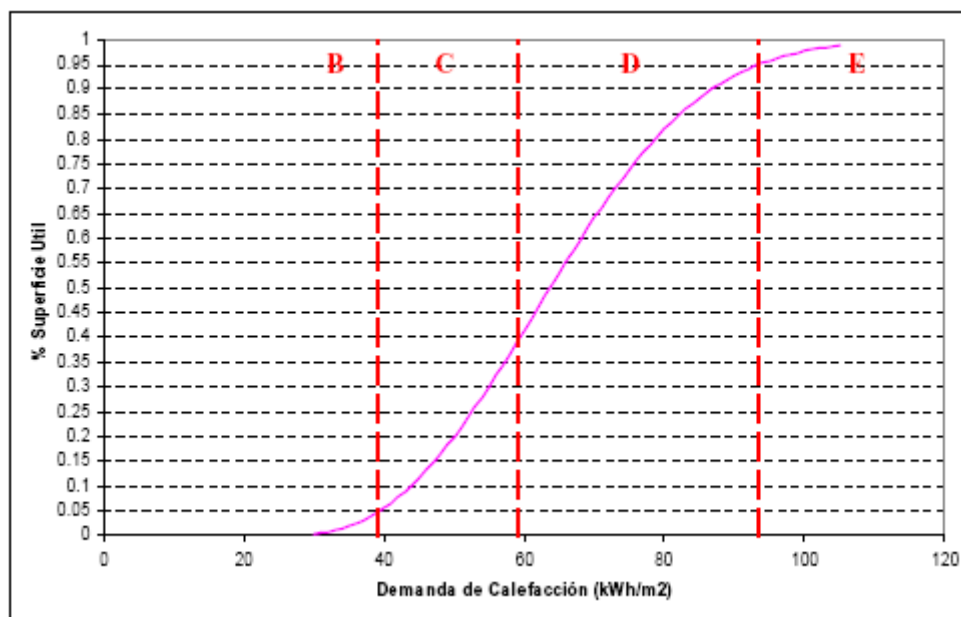


Figura 9-4 Ancho de las clases C i D

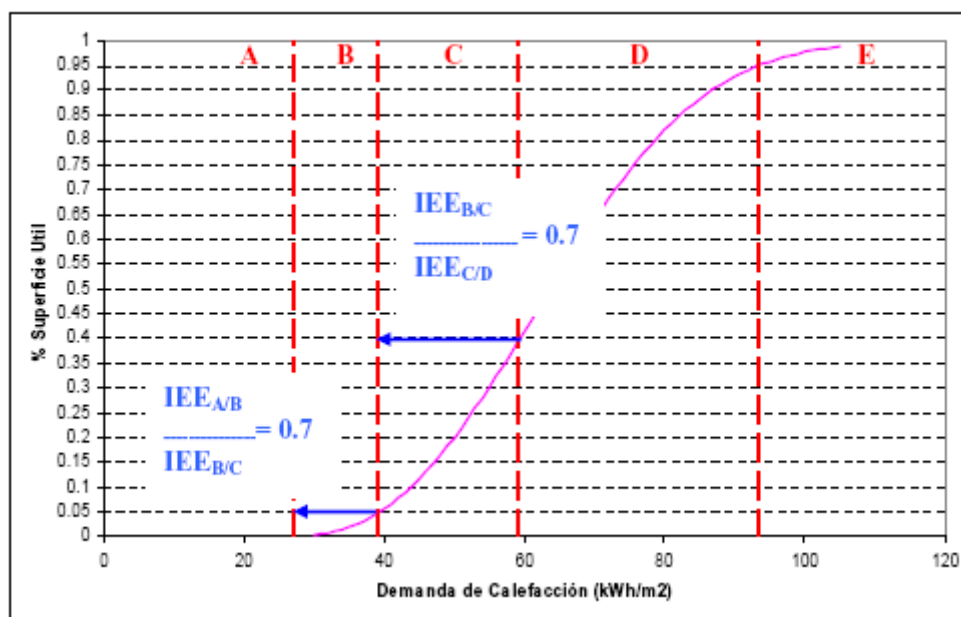


Figura 9-5 Ancho de la clase B

I.4. Normalización de los escenarios (Indicadores de Eficiencia Energética e Índices de Calificación Energética) y de los límites de la escala

Aunque con el procedimiento que se ha desarrollado hasta ahora es posible obtener los límites de las clases para todos los indicadores de cada escenario de calificación, en todas las capitales de provincia, la formalización de dichos límites en un texto legal sería extremadamente tediosa. Por otra parte, en aquellas localidades que no fueran capital de provincia no se podría implementar de manera automática la asignación de clases y habría que repetir para cada una de ellas todo el procedimiento. Por tanto, se ha buscado una forma sistemática de expresar la asignación de las clases a través de la normalización de los escenarios de calificación; es decir, hallando una expresión adimensional de los indicadores energéticos que haga que, en todos los casos, la clasificación se realice mediante unos límites únicos. Para ilustrar el proceso, supóngase que se toman los escenarios de calificación de la demanda de calefacción en viviendas unifamiliares para 6 de las 12 localidades representativas definidas. El resultado es el que se muestra en la Figura 9-6.

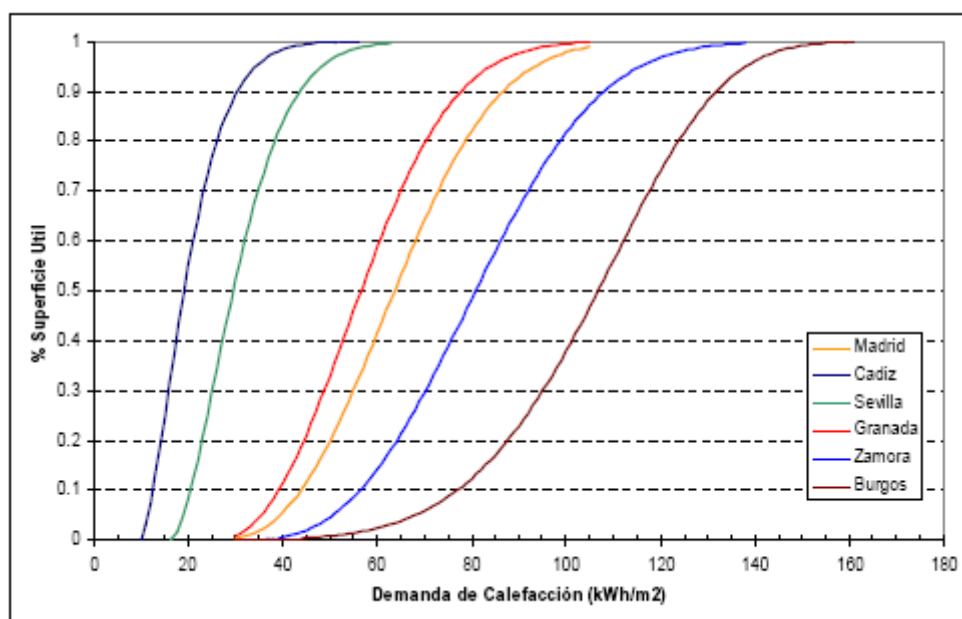


Figura 9-6 Demanda de Calefacción para 6 localidades

Para pasar las curvas resultantes a una sola, el CEN propone la normalización con la media de cada curva, es decir, dividiendo cada punto de ellas entre su $I_{reglamentación}$. Al resultado de esta normalización se le ha denominado **Indicador de Eficiencia Energética (IEE)**. La Figura 9-7 muestra las distribuciones de frecuencia acumulada del Indicador de eficiencia energética correspondiente a la demanda de calefacción ($\frac{IEE_{Demanda\ Calefacción}}{I_{reglamentación}}$) para las 6 localidades anteriores.

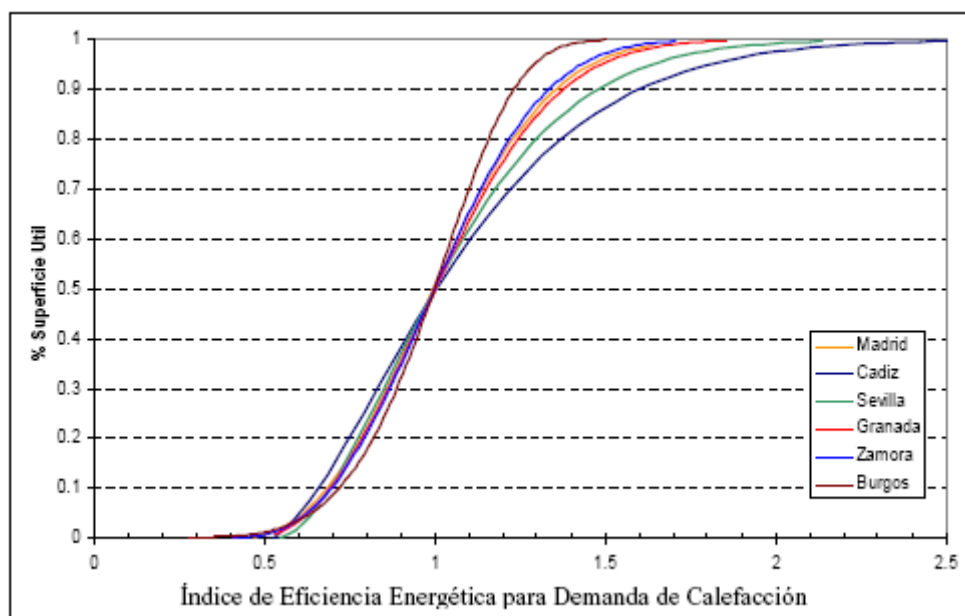


Figura 9-7 Normalización propuesta por CEN

Se observa en esta gráfica que, si bien todas las curvas coinciden en el punto medio, existe una gran dispersión en el rango, que es mayor a medida que disminuye la severidad climática de invierno. Por tanto, con esta normalización es imposible establecer los límites de las clases de una manera única.

La normalización tiene lógicamente que tener en cuenta, no sólo el valor de $I_{reglamentación}$ sino también los valores que expresan las desviaciones de cada curva en relación con su valor medio; es decir, los ratios $R_{50/10}$ y $R_{90/10}$ que se definieron en I.2.1. Aunque existen varias normalizaciones posibles utilizando los tres parámetros característicos, se obtuvo la versión previa siguiente:

$$C_1 = \frac{(IEE \cdot R_{50/10}) - 1}{R_{90/10} - 1} + 0.6$$

que se convirtió finalmente en:

$$C_1 = \frac{(IEE \cdot R_{50/10}) - 1}{2(R_{50/10} - 1)} + 0.6$$

en la que el $R_{90/10}$ se ha eliminado por cuanto existe en todos los casos una dependencia suficientemente estable entre el $R_{90/10}$ y el $R_{50/10}$, y para obligar a que el valor normalizado correspondiente al percentil del 40% fuera siempre la unidad.

Al parámetro de normalización finalmente retenido se le denomina **Índice de Calificación Energética**. Con él y continuando con el ejemplo, se comprueba que las 12 curvas de la demanda de calefacción en las 12 localidades de referencia quedarían como se muestra en la Figura 9-8. Sobre estas curvas se ha representado la distribución de probabilidad de Weibull que, como puede apreciarse, se ajusta de manera excelente a los valores normalizados.

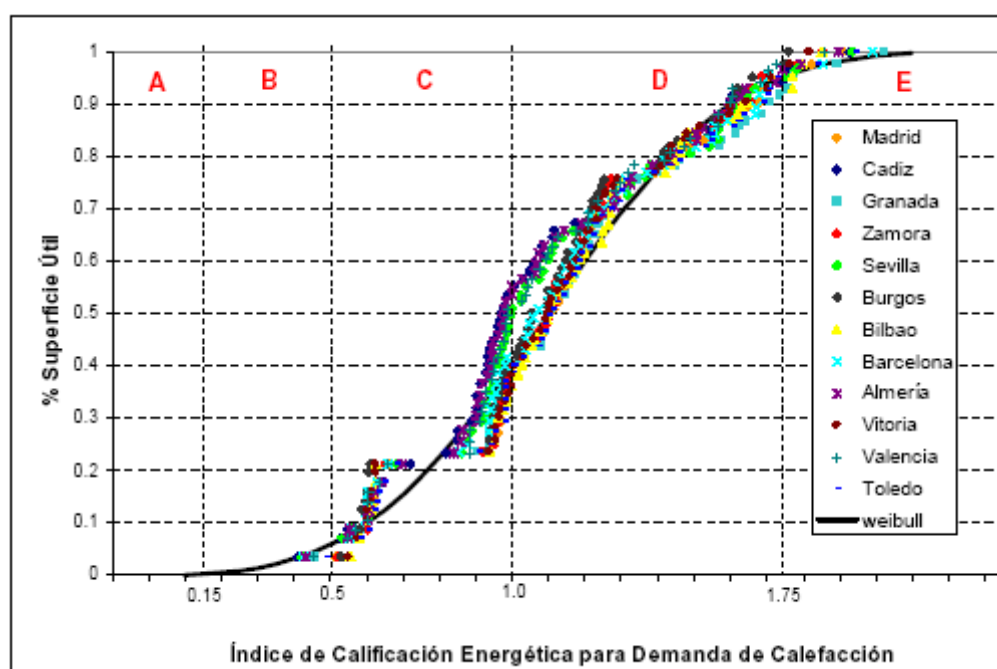


Figura 9-8 Normalización finalmente utilizada, y ajuste con una distribución de probabilidad de Weibull

El resultado de la normalización y de la distribución de Weibull es igualmente válido para los demás indicadores y para los edificios de bloques de viviendas.

I.5. Asignación de clases mediante los índices de calificación energética

Con la normalización del apartado I.2.1 y las consideraciones de los apartados I.3.1 y 0, los límites de la escala (ver Figura 9-9) se pueden expresar formalmente a través del indicador energético normalizado que en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, de Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción se denomina índice de calificación energética y se expresa lógicamente mediante:

$$C_1 = \frac{(IEE \cdot R) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$$

donde R es el $R_{50/10}$ del apartado I.2.1.

Los límites de la escala en términos de C_1 resultan:

- Clase A si $C_1 < 0.15$
- Clase B si $0.15 \leq C_1 < 0.5$
- Clase C si $0.5 \leq C_1 < 1.0$
- Clase D si $1.0 \leq C_1 < 1.75$

Para edificios nuevos, la clase E se obtendría para un valor del índice de calificación energética ≥ 1.75 , aunque esta definición se completa en el apartado 2.5.

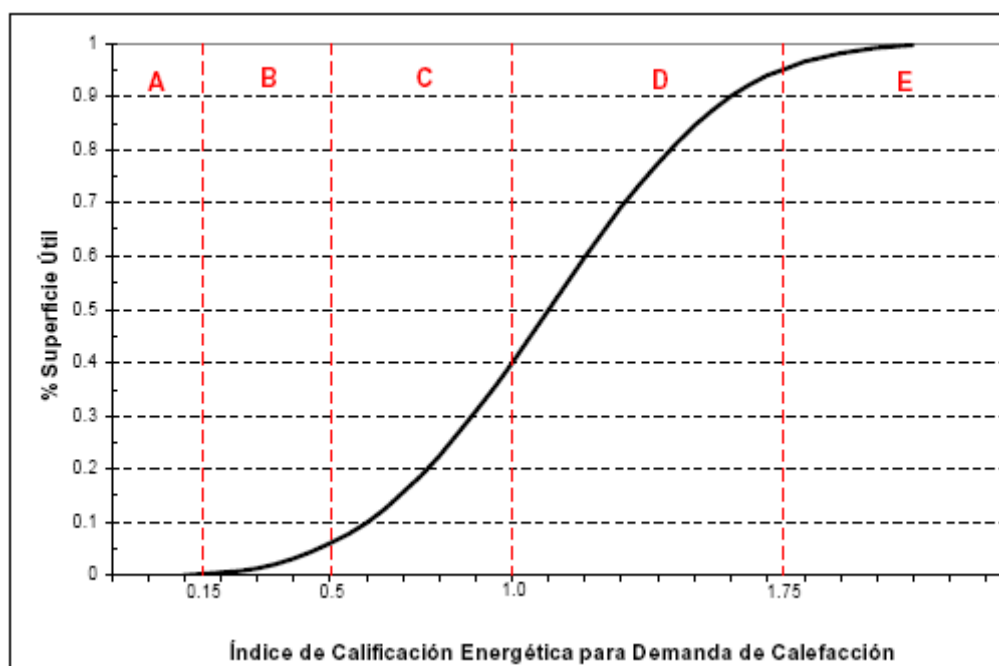


Figura 9-9 Clases de Energía a partir del Índice de calificación

Esta asignación de clases sirve para todos los indicadores, todos los grados de similitud y todos los climas. El proceso completo de obtención de los índices de calificación con las tablas y valores asociados se encuentra en el Anexo I del documento. En el Anexo II del mismo documento se incluye un ejemplo de desnormalización de los límites de clases para elaborar la etiqueta.

I.6. Posible extensión a edificios existentes

Aunque, como se ha dicho repetidamente, este documento se prepara para edificios nuevos, el procedimiento utilizado para delimitar las clases se puede extrapolar conceptualmente a los edificios existentes.

Para ello, recuérdese que para establecer los límites de las clases de energía el CEN propone 3 indicadores energéticos:

- a) El correspondiente al edificio objeto, I_{objeto} .
- b) El valor medio del indicador correspondiente a edificios similares de nueva planta que sean conformes con la reglamentación vigente en el año 2006, que se ha denominado $I_{reglamentación}$.
- c) El valor medio del indicador correspondiente a los edificios similares del parque edificatorio existente en el año 2006, que denominaremos I_{stock} .

A través de estimaciones o inspecciones sobre la situación de la envuelta y los sistemas térmicos de edificios existentes construidos en diferentes épocas, podremos obtener la distribución del $\overline{I_{stock}}$ de los diversos indicadores para dichos edificios. Al igual que para los edificios nuevos, esta distribución vendrá caracterizada por su $\overline{I_{stock}}$ y por una dispersión, que denominaremos $R'^{50/10}$.

Teniendo en cuenta los criterios de asignación de clases del apartado 2.2 se trataría de establecer, en primer lugar, la situación del $\overline{I_{stock}}$ en la nueva escala ampliada y fijar luego los límites de las clases de eficiencia que faltan, que serían la E y la F.

Parece lógico que el valor $\overline{I_{stock}}$ se sitúe en el límite entre las clases de eficiencia E y F (el CEN propone entre las clases D y E), para ser coherentes con el desplazamiento de una letra hacia la derecha que ya experimentó el valor $\overline{I_{reglamentación}}$ frente a la propuesta del CEN.

El ancho de la clase E queda automáticamente fijado, por cuanto ya se tenía su límite inferior (a través de los edificios nuevos) y se acaba de fijar su límite superior.

De la clase F ya conocemos su límite inferior. El límite superior se obtendría automáticamente sin más que fijar el porcentaje de los edificios existentes que queremos que pertenezcan a dicha clase. Supóngase, por ejemplo, que dicho porcentaje se fija en el 40%; se tendría así la siguiente situación para el parque existente de edificios de viviendas (obviamente subdivididos en unifamiliares y bloques):

- El 40% de los edificios del parque existente estaría en la clase F.
- El 10% de los edificios estaría en la clase G.
- El 50% restante estaría en principio en las otras 5 clases, aunque mayoritariamente se concentraría en la clase E y en menor medida en la clase D.

Utilizando los criterios de normalización del apartado 1.2.1 se puede obtener para los edificios existentes un segundo índice de calificación, que denominaremos C_2 y que se expresará mediante:

$$C_2 = \frac{\left(\frac{I_{objeto}}{\overline{I_{stock}}} R' \right) - 1}{2(R' - 1)} + 0.5$$

donde R es el ratio entre el valor $\overline{I_{stock}}$ y el valor de emisiones de CO₂ de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondiente al percentil del 10 % del parque de edificios de viviendas existentes en el año 2006.

Dicho índice de calificación tomará el valor unidad en el límite entre las clases E y F por lo que los límites de la escala ampliada se pueden expresar formalmente a través de los índices de calificación energética (C_1 y C_2) mediante (figuras 10 y 11):

- Clase A si $C_1 < 0.15$
- Clase B si $0.15 \leq C_1 < 0.5$
- Clase C si $0.5 \leq C_1 < 1.0$
- Clase D si $1.0 \leq C_1 < 1.75$
- Clase E si $C_2 < 1.0$
- Clase F si $1.0 \leq C_2 < 1.5$
- Clase G si $1.5 \leq C_2$

Lógicamente, en la clase E únicamente entrarán aquellos edificios cuyo índice de calificación C_2 es inferior 1 y simultáneamente su índice C_1 es superior a 1.75.

En el caso de edificios existentes destinados a viviendas que se rehabiliten, la escala de calificación anterior sería aplicable y podría estar referida a la totalidad del edificio o a la parte rehabilitada. En caso de que la rehabilitación tuviera lugar antes de la obtención de los valores C_2 y R la peor calificación que se podría obtener sería la E, al considerar el edificio sometido a los mismos requisitos del CTE que si fuera de nueva construcción...”

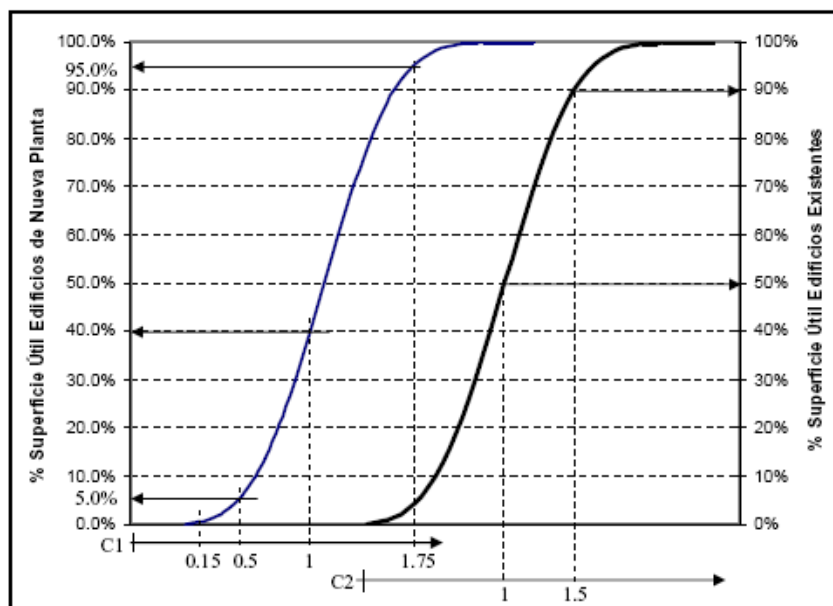


Figura 9-10 Índices de Calificación C_1 y C_2

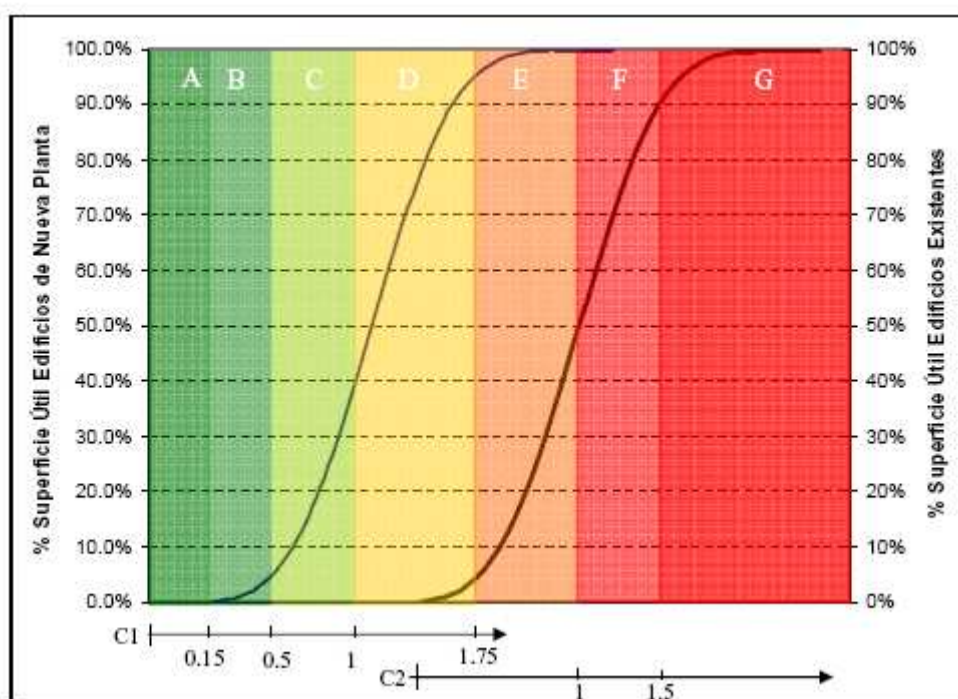


Figura 9-11 Clases de Energía a partir de los índices de Calificación C_1 y C_2

II. Composición de cerramientos

Tabla9-1 Composición de cerramientos para la zona C2

TABLA CERRAMIENTOS	C2					
CERRAMIENTO EXTERIOR	Espesor	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m3	J/kg K	m2 K /W	
Ladrillo catalán de 15	0.15	0.543	720	1000		10
PUR proyección	0.035	0.035	50	1000		100
Cámara vertical					0.09	
Ladrillo cerámico vacío	0.04	0.222	670	1000		10
Enlucido de yeso	0.015	0.4	1350	1000		6
U global (W / m ² K)						0.57
U límite						0.73
CERRAMIENTO INTERIOR	Espesor	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m3	J/kg K	m2 K /W	
Enlucido de yeso	0.01	0.57	1150	1000		6
Tabicón LH doble	0.09	0.432	930	1000		10
EPS	0.04	0.038	30	1000		6
Tabique LH sencillo	0.04	0.228	670	1000		
Enlucido de yeso	0.01	0.57	1150	1000		
U global (W / m ² K)						0.61
FORJADO INTERIOR	Espesor	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m3	J/kg K	m2 K /W	
Plaqueta o baldosa cerámica	0.025	1	2000	800		10
FR Entrevigado de hormigón - Canto 350 mm	0.35	1.944	1610	1000		10
MW Lana mineral [0.04 W/mi]	0.03	0.041	40	1000		1
Cámara de aire horizontal					0.09	
Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.02	0.25	825	1000		4
U global (W / m ² K)						0.78
FORJADO EXTERIOR	Espesor	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m3	J/kg K	m2 K /W	
Arena y grava [1700<d<2200]	0.05	2	1450	1050		50
Mortero de cemento o cal para	0.03	1.3	1900	1000		1

albañilería y p-2						
Mortero de cemento o cal para albañilería y p-2	0.03	1.3	1900	1000		1
Polipropileno 25% fibra de vidrio	0.005	0.25	1200	1800		10000
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0.06	0.034	37.5	1000		50000
Betún fieltro o lámina	0.02	0.23	1100	1000		60
FR Entrevigado de hormigón - Canto 400 mm	0.4	2	1570	1000		10
Corcho Expandido puro 100<d<150	0.02	0.049	125	1560		5
Cámara de aire horizontal					0.09	
Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.02	0.25	825	1000		4
U global (W / m ² K)						0.34
U límite						0.41

Vidrio y Marco

Tipo de vidrio	Vidrio doble con cámara de aire (6+12+6)
U (W/m ² K)	2.8
Factor solar	0.66
Tipo de marco	Metálico con rotura de puente térmico
U (W/m ² K)	1.16

Hueco

% marco	12
Permeabilidad m ³ /m ² h	20
Factor solar global	0.58
U global	2.6

III. Sistemas de calefacción, refrigeración y ACS

Los factores de corrección de todos los equipos son los que aparecen en la base de datos de CALENER VyP.

III.1. Sistemas mixto de calefacción y ACS centralizado. Gas natural

Demanda ACS

Temperatura de utilización 60°C
 Temperatura de impulsión ACS 45°C
 Aporte solar. Según Tabla 5-7.

Calefacción

Equipo: Caldera Baja Temperatura
 Potencia individual de las unidades terminales = m^2 del local * 0,082 (kW/m²)
 Potencia caldera centralizada = Sumatorio del kW de una planta * núm. plantas * 1,2
 Rendimiento 0,91
 Tipo energía: Gas Natural o Electricidad en función del escenario
 Temperatura impulsión calefacción 80°C

Acumulador:

Coeficiente de pérdidas UA 1 W/°C
 T consigna de baja 45 C
 T consigna de Alta 60°C
 Volumen. En función de los datos de Tabla 5-7

III.2. Sistemas de refrigeración

Unidades Terminales:

UT de impulsión de Aire
 Caudal de impulsión nominal (por defecto)

Equipo: Expansión directa aire – aire _

Tabla 9-2 Propiedades básicas del equipo de expansión directa aire aire sólo frío de los sistemas de refrigeración

Viviendas m ²	30-50	50-70	70-100
Propiedades básicas			
Refrigeración total kW	5	9	11.3
Capacidad sensible kW	3.80	6.50	8.40
Consumo refrigeración. kW	2.00	3.40	4.30
Caudal de impulsión nominal	por defecto	por defecto	por defecto

III.3. Sistema de ACS individual. Efecto Joule

Equipo: Caldera Eléctrica
 Potencia individual = 1,5kW
 Rendimiento 1

Acumulador: T consigna de baja 45 °C
 T consigna de Alta 60°C

Tabla 9-3 Capacidad del acumulador según m² de vivienda

Viviendas (m ²)	30-50	50-70	70-100
Propiedades básicas			
Capacidad	50	100	100

III.4. Sistemas de calefacción individual

Equipo: Caldera Baja Temperatura
 Potencia individual de las unidades terminales = m² del local * 0,082 (kW/m²)
 Potencia caldera individual = 24 kW
 Rendimiento 0,91
 Tipo energía: Gas Natural o Electricidad en función del escenario
 Temperatura impulsión calefacción 80°C

III.5. Sistemas de calefacción y refrigeración eléctricos. Bomba de calor

Equipo: Expansión directa Bomba de calor aire-aire

Tabla 9-4 Propiedades básicas del equipo de expansión directa aire aire Bomba de Calor para los sistemas de calefacción y refrigeración

Viviendas m ²	30-50	50-70	70-100
Propiedades básicas			
Refrigeración total kW	5	9	11.3
Capacidad sensible kW	3.80	6.50	8.40
Consumo refrigeración. kW	2.00	3.40	4.30
Capacidad calorífica kW	5.60	9.50	13.00
Consumo Calor kW	1.90	2.90	4.50
Caudal de impulsión nominal	por defecto		